Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale,, n. 99 del 28 aprile 2004 - Serie generale

Spediz. abb. post. 45% - art. 2, comma 20/b
Legge 23-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA **Roma - Mercoledì, 28 aprile 2004** SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA 70 - 00100 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00100 ROMA - CENTRALINO 06 85081

N. 77

MINISTERO
DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

DECRETO 26 marzo 2004.

Pubblicazione del 20º gruppo di norme tecniche per la salvaguardia della sicurezza adottate ai sensi della legge 6 dicembre 1971, n. 1083, sulla sicurezza di impiego del gas combustibile.

S O M M A R I O

MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

DECRETI, DELIBERE E ORDINANZE MINISTERIALI

MINISTERO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

DECRETO 26 marzo 2004.

Pubblicazione del 20º gruppo di norme tecniche per la salvaguardia della sicurezza adottate ai sensi della legge 6 dicembre 1971, n. 1083, sulla sicurezza di impiego del gas combustibile.

IL MINISTRO DELLE ATTIVITÀ PRODUTTIVE

Vista la legge 6 dicembre 1971, n. 1083, sulla sicurezza di impiego del gas combustibile;

Vista la legge 5 marzo 1990, n. 46, concernente le norme per la sicurezza degli impianti;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica italiana 6 dicembre 1991, n. 447, concernente il regolamento di attuazione della citata legge 5 marzo 1990;

Sentita l'apposita commissione tecnica costituita per l'applicazione della legge 6 diceme 1971, n. 1083;

Considerata la necessità, ai sensi dell'art. 3 della citata legge 6 dicembre 1971, n. 1083, di approvare le norme specifiche per la sicurezza, pubblicate dall'Ente nazionale di unificazione (UNI), in tabelle con la denominazione UNI-CIG, la cui osservanza fa presumere realizzati secondo le regole della buona tecnica per la salvaguardia della sicurezza, i materiali, gli apparecchi, le installazioni e gli impianti alimentati con gas combustibile;

Considerato che le predette norme si estendono anche agli usi similari di cui all'art. 1 della citata legge 6 dicembre 1971, n. 1083, e cioè a quelli analoghi, nel fine operativo, agli usi domestici e da questi differiscono perché richiedono apparecchi o installazioni diverse;

Considerato che, ai sensi del citato decreto del Presidente della Repubblica 6 dicembre 1991, n. 447, i materiali, i componenti e gli impianti costruiti secondo le tabelle CEI e UNI-CIG, si presumono soddisfare la regola dell'arte per la salvaguardia della sicurezza;

Considerato che le tabelle UNI-CIG relative ai materiali e ai componenti, destinati alla realizzazione degli impianti, non rientrano nel campo di applicazione della direttiva 90/396/CEE sugli apparecchi a gas combustibile;

Considerato che le predette tabelle UNI-CIG, pur mantenendo il carattere di norme volontarie, e pertanto, non costituendo regole tecniche ai sensi della direttiva 98/34/CE che ha abrogato e sostituito la direttiva 83/189/CEE e successive modifiche, conferiscono ai materiali, prodotti e impianti, costruiti secondo le stesse tabelle, presunzione di conformità alle regole della buona tecnica per la salvaguardia della sicurezza;

Considerato che costituiscono altresì riferimento di buona tecnica per la salvaguardia della sicurezza sia le norme tecniche emanate dagli organismi di normalizzazione di cui all'allegato II della direttiva 98/34/CEE, se dette norme garantiscono un livello di sicurezza equivalente, sia le norme tecniche mutuamente riconosciute equivalenti negli stati contraenti lo Spazio economico europeo;

Considerata la necessità, per la più ampia divulgazione possibile, di pubblicare dette norme nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana, in allegato al decreto di approvazione, trattandosi di norme finalizzate alla salvaguardia della sicurezza e della salute delle persone, in analogia alla pubblicazione delle corrispondenti norme oggetto di disciplina comunitaria;

Considerata la convenzione stipulata ai sensi dell'art. 46, comma 3, della legge n. 128/1998 in data 18 dicembre 2000 e la convenzione stipulata in data 25 novembre 2002 tra il Ministero delle attività produttive e l'Ente nazionale italiano di unificazione (UNI) concernente la pubblicazione delle norme di sicurezza nella *Gazzetta Ufficiale*;

Decreta:

Art. 1.

Sono adottate, ai sensi della legge 6 dicembre 1971, n. 1083 e pubblicate in allegato al presente decreto, le seguenti norme tecniche per la salvaguardia della sicurezza (20º gruppo):

1. UNI 10576: 1996:

Protezione delle tubazioni di gas durante i lavori nel sottosuolo;

Errata Corrige - (3 marzo 2004).

2. UNI 10845: 2000:

Impianti a gas uso domestico - Sistemi di evacuazione.

3. UNI 9036: 2001:

Gruppi di misura con contatori a pareti deformabili.

4. UNI 10640: 1997:

Canne fumarie collettive per apparecchi tipo B a tiraggio naturale;

Errata Corrige - (3 marzo 2004).

5. UNI 10641: 1997:

Canne fumarie collettive e camini a tiraggio naturale per apparecchi a gas di tipo C con ventilatore nel circuito di combustione.

Il presente decreto, con i relativi allegati, è pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 26 marzo 2004

Il Ministro: Marzano

NORMA ITALIANA

Protezione delle tubazioni gas durante i lavori nel sottosuolo

UNI 10576

APRILE 1996

Gas pipelines protection during underground works

DESCRITTORI	Tubazione gas, lavoro nel sottosuolo, scavo, protezione, criterio
CLASSIFICAZIONE ICS	23.040.90
SOMMARIO	La presente norma fornisce i criteri guida per l'esecuzione di lavori nel sottosuolo (nuova opera o manutenzione) interferenti con tubazioni gas interrate. In particolare riguarda: materiali delle condotte, profondità scavi, criteri di gestione degli interventi, sistemi di segnalazione ed identificazione dei servizi gas, tecniche di cantiere e sostegno delle pareti dello scavo.
RELAZIONI NAZIONALI	
RELAZIONI INTERNAZIONALI	
ORGANO COMPETENTE	CIG - Comitato Italiano Gas
RATIFICA	Presidente dell'UNI, delibera del 23 aprile 1996
RICONFERMA	

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata dal CIG (Comitato Italiano Gas - viale Brenta 27, 20139 Milano), ente federato all'UNI, ed è stata approvata per la sua presentazione alla Commissione Centrale Tecnica dell'UNI il 21 aprile 1994.

È stata quindi esaminata ed approvata dalla Commissione Centrale Tecnica, per la pubblicazione come norma raccomandata, il 9 marzo 1995.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di fogli di aggiornamento.

È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o foglio di aggiornamento.

INDICE

0 INTRODUZIONE

La presente norma è stata redatta nella consapevolezza che un apprezzabile contributo alla sicurezza di un sistema di trasporto e distribuzione del gas può essere apportato, in aggiunta agli usuali criteri di sorveglianza, controllo, manutenzione programmata, dalla sistematica conoscenza preventiva di tutte le prevedibili azioni esterne, ambientali e di terzi, che possono modificare lo stato (e quindi influire sulla sicurezza) delle tubazioni gas esistenti (vedere appendice A).

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma costituisce una guida per l'esecuzione di qualsiasi lavoro nel sottosuolo (nuova opera o manutenzione) interferente con tubazioni gas interrate.

Essa fornisce le indicazioni e prescrizioni necessarie nei casi in cui tali lavori siano connessi con l'attività di enti aventi proprietà e/o competenza sul sottosuolo (amministrazioni locali, gestori di opere sotterranee di utilità pubblica, ecc.), e pone in evidenza le particolari attenzioni da riservare ai rapporti tra tali enti, per accentuarne il carattere di stretta e costante collaborazione operativa, nel reciproco interesse.

Nei casi in cui tali lavori siano effettuati da operatori terzi, la presente norma assume la funzione di guida operativa.

2 RIFERIMENTI

UNI 7543	Segnaletica di sicurezza
UNI 9165	Reti di distribuzione del gas con pressione massima di esercizio minore o uguale a 5 bar - Progettazione, costruzione e collaudo
UNI 9783	Protezione catodica di strutture metalliche interrate - Interferenze elettriche tra strutture metalliche interrate
UNI 9860	Impianti di derivazione d'utenza del gas - Progettazione, costruzione e collaudo
UNI EN 124	Dispositivi di coronamento e chiusura dei pozzetti stradali - Principi di costruzione, prove e marcatura

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano le seguenti definizioni.

3.1 **rete di distribuzione del gas**: Sistema di condotte, prevalentemente interrate, posate su suolo pubblico o privato che, partendo dall'impianto di produzione o dal punto di prelievo e/o riduzione e/o misura, consente la distribuzione del gas ai nuclei abitati ed alle case sparse fino agli impianti di derivazione di utenza, questi ultimi esclusi.

3.2 **impianto di derivazione d'utenza**: Complesso di dispositivi, tubazioni ed elementi compresi fra la condotta stradale ed il gruppo di misura, o, in assenza di questo, il rubinetto di intercettazione che lo deve sostituire (questi esclusi), costituenti le installazioni necessarie a fornire gas all'utenza.

3.3 **rete di distribuzione di servizi**: Sistema di condotte, prevalentemente interrate, posate su suolo pubblico o privato, per il trasporto e/o la distribuzione di energia, gas tecnici, prodotti chimici di base e derivati, per acquedotti e fognature, nonchè reti di telecomunicazione.

3.4 **condotta**: Insieme di tubi, curve, raccordi ed accessori uniti tra loro per la distribuzione del gas.

3.5 **cameretta interrata**: Manufatto realizzato sulla sede di posa o in prossimità della rete di distribuzione, atto a contenere apparecchiature o installazioni accessorie, per la cui manovra è necessario l'accesso all'interno.

3.6 **pozzetto**: Manufatto realizzato sulla sede di posa o in prossimità della rete di distribuzione, atto a contenere installazioni accessorie, per la cui manovra non è necessario l'accesso all'interno.

3.7 **profondità d'interramento**: Minima distanza intercorrente tra la superficie esterna del tubo e quella del terreno.

3.8 **profondità di scavo**: Minima distanza misurata tra la superficie del terreno ed il fondo dello scavo.

3.9 **distanza dai fabbricati**: Minima distanza, misurata sul piano orizzontale, intercorrente tra la superficie esterna della condotta ed il perimetro del fabbricato.

3.10 **opere di protezione**: Manufatti (cunicoli, tubi guaina, piastre, ecc.) atti a proteggere la condotta (gas) da azioni esterne e/o ad isolarla dall'ambiente circostante in modo tale da consentire di ridurre, entro certi limiti, le distanze di posa dai fabbricati o da altri servizi interrati e la profondità d'interramento, ed, in senso lato, ai fini della presente norma, procedure operative, azioni e comportamenti volti alla salvaguardia delle tubazioni gas.

3.11 **gestori di opere sotterranee di utilità pubblica**: Enti, organismi o società che, a vario titolo, sono incaricati della costruzione e dell'esercizio di servizi interrati (quali per esempio aziende distributrici di servizi di utilità pubblica a mezzo tubazioni interrate o cavi, e tra questi, enti gestori del servizio gas).

3.12 **operatori terzi**: Enti, organismi o società che svolgono opere nel sottosuolo non a titolo di gestori di servizi di utilità pubblica (quali, per esempio, imprese di costruzione stradale o edile) oppure privati.

4 MATERIALI DELLE CONDOTTE GAS

I materiali considerati ai fini della presente norma[1] sono: ghisa grigia, ghisa sferoidale, acciaio, polietilene.

Per le ragioni di seguito indicate, per tali materiali deve essere prevista specifica attenzione durante l'esecuzione dei lavori oggetto della presente norma.

- Ghisa grigia
  - limitata resistenza meccanica dei tubi agli spostamenti assiali differenziali (possibile rottura fragile);
  - possibile mancanza di tenuta dei giunti per rotazione eccessiva oppure per sfilamento.
- Ghisa sferoidale
  - possibile mancanza di tenuta dei giunti per rotazione eccessiva oppure per sfilamento.

1) I materiali considerati corrispondono per la parte di competenza, a quelli previsti dal D.M. 24 Novembre 1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con densità non superiore a 0,8" (Suppl. ord. G.U. N° 12 del 15 Gennaio 1985); per quanto riguarda altri materiali (quali, per esempio, fibrocemento, polivinicloruro, materiali compositi, rame) eventuali protezioni da porre in opera devono essere concordate, di volta in volta, tra le parti interessate.

- Acciaio
  - necessità di accurata salvaguardia dei rivestimenti nelle varie tipologie possibili (rivestimento bituminoso, polietilene, nastri a freddo, resine).
- Polietilene
  - possibili perforazioni in occasione di saggi o escavazioni;
  - rischi derivanti dalla presenza nel letto di posa e nel materiale di rinterro di corpi appuntiti.

5 PROFONDITÀ MASSIMA DEGLI SCAVI

La profondità massima dello scavo a cielo aperto interferente o eseguito in prossimità di preesistenti tubazioni gas è generalmente minore o uguale a 2,00 m.

Specifiche prescrizioni relative a lavori di carattere speciale sono indicati in 8.

6 CRITERI DI GESTIONE DEGLI INTERVENTI

Una prima forma di protezione per le reti gas (e per le reti di servizi in generale) consiste nella disponibilità di una corretta informazione sui lavori e nella capacità delle parti interessate di comunicarsele in modo reciproco.

Per il raggiungimento di tale obiettivo risulta fondamentale la funzione delle amministrazioni comunali, con le quali gli enti gestori del servizio gas devono mantenere uno stretto contatto.

Prioritariamente, si raccomanda alle parti interessate, prima di effettuare interventi di qualsiasi estensione e tipologia, di consultare la cartografia disponibile presso gli enti gestori del servizio gas e di compilare un'apposita dichiarazione che comprovi tale consultazione.

Per i lavori soggetti a concessione o autorizzazione da parte di un'amministrazione pubblica si individuano due possibili condizioni operative, specificate in 6.1.1 e 6.1.2.

Per interventi che debbano svolgersi con estrema urgenza e/o per lavori non soggetti ad autorizzazione o concessione preventiva, si raccomanda in ogni caso l'impiego dei criteri generali di buona tecnica (vedere 7) ed agli operatori terzi il rispetto di quanto specificato in 6.2.

Nel caso di danneggiamenti, si raccomanda agli operatori terzi la tempestiva comunicazione all'ente gestore del servizio gas, al fine di consentire i necessari interventi di riparazione sulle tubazioni e/o di ripristino dei rivestimenti di protezione sulle stesse.

6.1 Interventi realizzati da gestori di opere sotterranee di utilità pubblica

Tutti gli interventi realizzati da gestori di opere sotterranee di utilità pubblica, tali da comportare possibili danneggiamenti alle tubazioni gas, devono essere sottoposti all'esame dell'ente gestore del servizio gas mediante comunicazione lavori (vedere appendice B) con la massima tempestività e corredati di adeguata documentazione, per la definizione delle misure di protezione necessarie; alla comunicazione devono essere allegati anche i risultati di indagini geologiche e l'eventuale progetto geotecnico, quando previsto dalla vigente legislazione.

Si raccomanda inoltre l'impiego di procedure di consultazione (vedere appendice C), finalizzate all'esame ed alla messa a punto coordinata dei programmi dei lavori ed all'esame congiunto delle comunicazioni lavori già presentate, per la mutua definizione di prescrizioni a difesa dei rispettivi servizi.

6.1.1 Interventi sul territorio di comuni dotati di un organo di coordinamento

L'atto amministrativo (concessione o autorizzazione) necessario per l'esecuzione dei lavori deve prescrivere il rispetto di quanto concordato nell'ambito di procedure di consultazione (vedere appendice B) mediante:

- prescrizioni su tavole di progetto riportanti le indicazioni degli enti interferiti;
- documentazione fotografica (eventuale);

- altre richieste dell'amministrazione competente al rilascio (eventuali).

6.1.2 Interventi sul territorio di comuni non dotati di un organo di coordinamento, oppure extracomunali

Si raccomanda che l'amministrazione preposta al rilascio del provvedimento necessario per l'esecuzione dei lavori richieda, tra la documentazione da produrre ai fini del rilascio stesso, copia della comunicazione lavori già presentata all'ente gestore del servizio gas.

6.2 Interventi realizzati da operatori terzi

Prima di effettuare qualsiasi tipo di intervento gli operatori terzi a ciò preposti o autorizzati devono garantire la comunicazione all'ente gestore del servizio gas secondo quanto indicato all'inizio del 6.1 e comunque un preliminare avviso di tipo telefonico.

In tale contesto sono utilizzabili sistemi di ricezione telefonica multiservizio (vedere appendice D).

6.3 Cartografia

In relazione a quanto specificato all'inizio del 6, si raccomanda la messa a punto e l'aggiornamento costante di un sistema cartografico che risulti:

- di facile e rapida accessibilità;
- possibilmente comune ai gestori di opere sotterranee di utilità pubblica.

6.3.1 Scala e grafia

Si raccomanda l'adozione di planimetrie:

- in scala di dettaglio (indicativamente 1:500, 1:1 000, 1:2 000) per le zone urbane, dove più diffusamente si verificano interferenze tra servizi interrati, scegliendo il valore di scala in rapporto alla densità delle reti dei servizi esistenti o previsti;
- in scala che consenta una visione d'insieme (indicativamente compresa tra 1:5 000 e 1:25 000) per la rappresentazione dei tracciati delle reti.

Le scale previste consentono di rappresentare con sufficiente chiarezza gli elementi della rete gas nei confronti dei quali si richiedono specifiche protezioni ai gestori di opere sotterranee di utilità pubblica prima dell'esecuzione di lavori nel sottosuolo.

La cartografia in tali scale, oltre ad essere direttamente utilizzabile dall'ente gestore del servizio gas, costituisce la base raccomandata per la consultazione preventiva da parte di operatori terzi e gestori di opere sotterranee di utilità pubblica, in occasione di lavori o per lo scambio di informazioni durante le consultazioni.

Sulle planimetrie deve essere indicato il maggior numero di informazioni utile alla descrizione dell'impianto, tra cui i seguenti elementi:

- quote di interramento, distanze da fabbricati o da altri punti fissi fuori terra costituenti riferimento;
- distanze da servizi attraversati o paralleli, qualora rilevati;
- indicazione dei materiali di rete;
- tipo di tubazioni (specie della condotta);
- accessori di rete e protezioni fisse posizionate per insufficiente profondità di posa o per necessità di rispettare distanze minime da altri servizi.

Tutte le indicazioni grafiche devono essere chiaramente interpretabili e provviste di legenda (non necessariamente inserita in planimetria ma comunque disponibile).

Ad integrazione del sistema cartografico si raccomanda anche l'utilizzo di idonei sistemi di localizzazione delle reti.

6.4 Sistemi di segnalazione e identificazione dei servizi gas

6.4.1 Sistemi posti fuori terra

Per una chiara ed evidente segnalazione della presenza di tubazioni gas, quando queste siano posate in zone prive di riferimenti topografici, si raccomanda l'adozione, in numero adeguato, di cartelli segnalatori posti su appositi sostegni opportunamente fissati al terreno in corrispondenza oppure in prossimità della condotta gas da segnalare, in quest'ultimo caso con indicazione della distanza della condotta dal cartello.

Sui cartelli di segnalazione possono essere indicati il nome ed il recapito dell'ente gestore del servizio gas che esercisce la condotta segnalata.

Per tali sistemi fuori terra devono essere impiegati materiali, colori ed accorgimenti tali da soddisfare l'efficacia e la durabilità delle segnalazioni (vedere UNI 7543).

Sui pozzetti stradali contenenti elementi accessori della rete gas devono essere adottati telai fissi e chiusini conformi alla UNI EN 124.

Su tali elementi è richiesta la specifica marcatura "GAS".

6.4.2 Sistemi posti sotto terra

Per ridurre il rischio di danneggiamenti alle tubazioni gas in occasione di saggi o escavazioni, con riferimento alle prescrizioni di cui in 5.3 della UNI 9165, si raccomanda di utilizzare, durante il rinterro per la posa delle tubazioni, un nastro (meglio se nastro a rete) di segnalazione di materia plastica. Deve essere presente una banda di segnalazione (inglobata nel nastro) che riporti almeno la scritta "ATTENZIONE - TUBO GAS".

Il nastro deve essere posizionato sulla tubazione ad una distanza da essa tale da costituire avviso con sufficiente anticipo rispetto al potenziale danneggiamento.

7 TECNICHE DI CANTIERE

7.1 Criteri per la realizzazione degli scavi interferenti

Vengono di seguito definite le modalità per effettuare, con attrezzi manuali o meccanici in occasione di lavori interessanti il sottosuolo, le azioni destinate ad evitare danneggiamenti, sollevamenti, perforazioni delle tubazioni gas.

7.1.1 Sistemi di indagine per verifiche della tipologia e del numero dei servizi interrati e della qualità dei terreni (assaggi)

Si raccomanda di svolgere l'esecuzione degli assaggi con particolare attenzione per evitare il rischio di danneggiamento delle tubazioni gas interrate (vedere anche 4).

Tale rischio può essere ridotto con l'impiego di idonee segnalazioni interrate all'atto della posa delle tubazioni (vedere 6.4).

Premesso che lo scavo di assaggio è da considerare tecnica comunque necessaria, si raccomandano le seguenti cautele operative al fine di evitare danneggiamenti alle tubazioni gas:

- le dimensioni dello scavo di assaggio devono essere limitate allo stretto necessario che consenta l'individuazione dei servizi interrati preesistenti;
- nell'esecuzione dello scavo di assaggio è consentito l'uso di mezzi meccanici solamente per l'eventuale asportazione degli strati della pavimentazione e del relativo cassonetto; oltre tale profondità è consentito solo lo scavo a mano.

7.1.2 Sostegno delle pareti dello scavo

Gli operatori, durante la fase di scavo, devono essere protetti dall'eventuale franamento del terreno. Devono inoltre essere rispettate le prescrizioni rilevanti in materia di igiene e sicurezza del lavoro. Idonei sistemi di contenimento delle pareti devono essere posizionati, nell'intorno dello scavo interferente con preesistenti tubazioni gas, in base alla valutazione della "zona di influenza" caratteristica dei vari tipi di terreno, in applicazione di teorie geotecniche appropriate (vedere anche 8.3).

Nel prospetto 1 vengono riportati, a titolo orientativo, i dati necessari per effettuare tale valutazione; la larghezza della zona di influenza su ciascun lato dello scavo è determinata in funzione dell'angolo di riposo ϕ attribuito al materiale (roccia o terreno) e della profondità di scavo.

prospetto 1 **Valutazione della zona di influenza ai lati dello scavo** (per profondità fino a 2 m)

Tipo di terreno	Angolo di riposo ϕ gradi	Larghezza zona di influenza, L (su ciascun lato dello scavo) m		
		Profondità di scavo, H m		
		≤ 1	1,5	2
Roccia	90	-	-	-
Argille da compatte a dure	63,4	0,5	0,8	1
Terreni con caratteristiche medie	45	1	1,5	2
Sabbie e ghiaie sciolte/argille tenere	33,7	1,5	2,3	3
Sabbie sature/argille molto tenere	26,6	2	3	4

Qualora risultino necessari, i sistemi di contenimento delle pareti devono essere eseguiti per l'intera altezza di scavo affacciato alla tubazione gas e prolungati per una lunghezza pari alla zona in cui le tubazioni gas risultano influenzate in base ai criteri sopra richiamati.

La messa in opera dei sistemi di contenimento deve essere contestuale all'avanzamento dello scavo e la loro rimozione deve avvenire solo dopo che il riempimento dello scavo stesso, seguito da adeguato costipamento del materiale di rinterro, abbia raggiunto approssimativamente la quota di interramento della tubazione gas.

7.1.3 Utilizzo di mezzi meccanici

I mezzi meccanici utilizzati per l'esecuzione degli scavi non devono operare o transitare su aree che, direttamente o indirettamente, possano trasmettere sovraccarichi alle tubazioni gas interrate; qualora ciò non sia evitabile si raccomanda l'utilizzo di idonei mezzi di ripartizione dei sovraccarichi generati.

7.1.4 Comportamento degli operatori durante gli scavi

Nel corso delle operazioni di scavo gli operatori devono prestare la massima attenzione per evitare danneggiamenti alle tubazioni gas ed ai loro eventuali rivestimenti.

Tutte le tubazioni gas messe a nudo all'interno degli scavi non devono essere in nessun modo sollecitate: deve pertanto essere evitato il loro utilizzo come passerelle, punti di ancoraggio a sostegno di altre strutture, ecc.

L'uso di fiamme libere o di apparecchiature ed utensili generanti scintillii nelle immediate vicinanze delle tubazioni gas è ammesso solo dopo avere adeguatamente accertato l'assenza di gas nello scavo.

Se viene constatata la presenza di gas, qualsiasi operazione nello scavo ed il funzionamento di apparecchiature meccaniche in prossimità dello scavo devono essere interrotti immediatamente, deve essere evacuato lo scavo e la zona circostante deve essere presidiata fino all'arrivo del personale dell'ente gestore del servizio gas, immediatamente avvisato, competente per la riparazione.

7.1.5 Deposito di materiali su zone interessanti tubazioni gas

I materiali provenienti dai lavori di scavo non possono essere depositati in volumi o quantità tali da generare sovraccarichi concentrati in corrispondenza di aree che direttamente o indirettamente possano trasmettere tali sovraccarichi a tubazioni gas interrate; qualora ciò non sia evitabile, è prescritto l'utilizzo di idonei mezzi di ripartizione dei sovraccarichi generati.

7.2 Criteri per la realizzazione di rinterri nell'intorno di tubazioni gas

7.2.1 Deposito di materiali di rinterro

I materiali utilizzati ed i mezzi necessari nella fase di rinterro degli scavi devono essere utilizzati e/o depositati con le stesse limitazioni di cui in 7.1.5.

7.2.2 Materiali di rinterro

I materiali da impiegare nei rinterri intorno alle tubazioni gas messe a nudo devono essere conformi a quanto previsto ai punti letto di posa e rinterro della UNI 9165, salvo più particolareggiate prescrizioni fornite localmente, di volta in volta, dall'ente gestore.

7.2.3 Modalità di rinterro

I rinterri degli scavi devono essere eseguiti in modo da ripristinare le condizioni iniziali di portanza del terreno al fine di evitare successive sollecitazioni indotte alle tubazioni gas. Qualora durante lo scavo vengano messi a nudo e resi oggetto di attraversamenti muri di edifici e/o manufatti, prima del rinterro tali attraversamenti devono essere sigillati con cura per evitare qualsiasi infiltrazione di gas.

Nel caso le tubazioni gas siano state messe a nudo, la messa in opera dei materiali di rinterro di cui in 7.2.2 deve essere eseguita per strati successivi di circa 30 cm, seguiti da idonea compattazione e prevedendo il ripristino delle eventuali opere di protezione citate nella UNI 9165, oltre a quello di eventuali opere di segnalazione preesistenti fuori terra e interrate (vedere UNI 9165).

7.3 Interferenze con altri servizi interrati e distanze relative

7.3.1 Parallelismi

Vedere UNI 9165.

7.3.2 Attraversamenti (incroci)

Vedere UNI 9165.

7.3.3 Manufatti

Manufatti superficiali rigidi (compresi pozzetti o camerette interrate) non devono essere costruiti sulla verticale delle tubazioni gas, in quanto causa di trasmissione diretta di sovraccarichi concentrati. Qualora ciò non sia evitabile, deve essere concordata con l'ente gestore del servizio gas la posa in opera di idonee opere di protezione quali, per esempio, sistemi di ripartizione delle pressioni nel terreno.

7.3.4 Interferenze elettriche

Quando si intendano posare nuove strutture metalliche interrate (tubazioni, cavi, serbatoi) e proteggerle contro la corrosione mediante protezione catodica, devono essere concordate con l'ente gestore del servizio gas ed eseguite prove di interferenza elettrica con preesistenti tubazioni di reti gas di acciaio, nel rispetto delle prescrizioni della UNI 9783.

7.4 Protezione delle tubazioni gas

Fatto salvo l'impiego, quando necessario, delle opere di protezione di cui alla UNI 9165, vengono di seguito indicate le tecniche di protezione volte ad evitare sollecitazioni meccaniche incompatibili con le caratteristiche delle tubazioni gas interferite (vedere 4):

- tecniche sistematiche: corretto impiego del materiale di rinterro secondo le modalità di cui in 7.2.2 e 7.2.3 in relazione al reciproco posizionamento tra tubazione gas e strut-

ture interferenti ed al tipo di terreno;

- tecniche specifiche / preventive: posa in opera di protezioni speciali atte ad evitare il successivo ripetersi di fenomeni critici, quali per esempio dilavamenti (diaframmi semipermeabili o impermeabili, oppure briglie di contenimento) oppure franamenti (riempimento di intercapedini o cavità vicine alla tubazione gas con materiale arido compattato o con conglomerato cementizio magro).

7.4.1 Sostegno delle tubazioni

Qualora durante i lavori di scavo vengano messe a nudo tubazioni gas, devono essere attuate idonee ed accurate opere di sostegno delle stesse per l'intera lunghezza del tratto scoperto, in modo da evitare che le tubazioni possano essere soggette a sollecitazioni meccaniche anomale per il peso proprio e/o per il sovraccarico accidentale.

7.4.2 Protezione contro il dilavamento del terreno

Vengono di seguito indicate le tecniche di protezione delle tubazioni gas da adottare in occasione di scavi che rilevino dilavamento del terreno causato da perdite di acquedotti o condotti fognari oppure per scavi in presenza di falda.

7.4.2.1 Tubazione gas che intersechi superiormente una tubazione di trasporto liquidi

Nel caso il terreno sia configurabile come sabbioso o ghiaioso (terreni sciolti)[2] occorre verificare l'eventuale mancanza di materiale fine, causata dal dilavamento, lungo la tubazione gas scoperta poiché ciò può alterarne considerevolmente le condizioni di appoggio; nel caso in cui sia rilevata tale mancanza deve essere aggiunta sabbia compattata intorno alla tubazione gas, dopo che sia stata eliminata la causa del dilavamento.

Nel caso di materiale alterabile (argille, limi)[2] è bene che tutto il terreno alterato (saturo) sia asportato prima di procedere al ricostituimento del materiale di rinterro con le modalità sopra descritte.

7.4.2.2 Tubazione gas parallela ad una tubazione di trasporto liquidi

Per terreni sciolti è necessario porre la massima attenzione al momento della scopertura del tubo di trasporto liquidi, poiché in tal caso le pareti dello scavo tendono a franare.

È quindi necessario accertare l'eventuale formazione di smottamenti di terreno dalla parte della condotta gas e al di sotto di essa. In caso positivo, procedere ad un accurato riempimento dei vuoti con sabbia compattata per ripristinare le precedenti condizioni di posa.

Se il terreno è argilloso, le pareti dello scavo restano generalmente verticali; è quindi sufficiente pulire lo scavo dal terreno saturo d'acqua (fangoso) e ripristinare lo strato di sabbia intorno al tubo gas interferito, con adeguata compattazione del materiale di apporto.

7.4.2.3 Tubazione gas che intersechi inferiormente una tubazione di trasporto liquidi

In questo caso è necessario accertarsi che, a seguito del dilavamento, la tubazione intersecante non gravi direttamente sul tubo gas. Si può quindi ripristinare come detto ai punti precedenti, accertando l'assenza di sassi che mettano in contatto meccanico diretto le tubazioni.

7.4.2.4 Dilavamento causato da movimenti di falda

Quando la causa del dilavamento non può essere eliminata, come nel caso di ricorrenti movimenti di falda, ricorrere alle "tecniche specifiche/preventive" indicate all'inizio, in 7.4.

2) Una regola pratica minima per il riconoscimento delle caratteristiche prevalenti dei terreni è quella di impastarne tra le dita di una mano una piccola quantità.
Se si addensa sotto forma di cilindretto si tratta di terreno argilloso-limoso, se invece si sbriciola e tende a sfuggire dal palmo si tratta di terreno sciolto.

8 LAVORI DI CARATTERE SPECIALE

Il presente punto riguarda i rischi di interferenza diretta con tubazioni interrate durante l'impiego di sistemi spingitubo o trivella, ed i possibili cedimenti o dislocamenti di terreno al di sotto o lateralmente al letto di posa delle tubazioni, causati da una non corretta realizzazione di scavi profondi a cielo aperto o in galleria.

8.1 Scavi realizzati mediante trivella o macchina spingitubo

Le tubazioni gas intersecate dal tracciato di scavo devono essere protette:

- con riferimento al successivo 8.3. (nell'ipotesi di profondità ≥ 2,00 m) per quanto riguarda scavi a cielo aperto, per l'alloggiamento del sistema spingitubo o trivella;
- con riferimento al 7.1 (profondità minori o uguali a 2,00 m) per gli scavi a cielo aperto.

Particolare attenzione deve essere prestata all'individuazione del tracciato delle tubazioni gas esistenti mediante sistema cartografico e rilevamento in campo con idonei sistemi di localizzazione.

8.2 Scavi di gallerie per posa manufatti

La protezione delle tubazioni gas che si trovano nella parte di terreno sovrastante lo scavo di gallerie per posa manufatti deve avvenire mediante il completo riempimento della sezione scavata compresa tra il manufatto e la volta della galleria stessa con materiale arido compattato o con conglomerato cementizio magro o equivalente. In particolar modo si raccomanda di richiedere l'assistenza diretta dell'ente gestore del servizio gas nel corso della realizzazione dei manufatti, nel caso in cui la tubazione gas interferita sia di ghisa grigia (vedere 4).

Nel caso in cui ciò non fosse possibile si raccomanda di evitare le suddette tecniche di scavo in stretta vicinanza di tubazioni gas trasversali o parallele al tracciato della galleria.

Tra le opere in titolo rientrano per esempio gli scavi per la realizzazione di fognoli di collegamento tra edifici e fognature esistenti con la tecnica del minitunnel.

8.3 Scavi profondi (≥ 2,00 m) a cielo aperto

Il presente punto prescrive le procedure per garantire condizioni di sicurezza sia a breve che a lungo termine delle tubazioni gas, intendendo con ciò la salvaguardia delle iniziali condizioni di appoggio e contenimento laterale delle tubazioni stesse.

In occasione di lavori di scavo in trincea in prossimità di condotte gas, per profondità di scavo elevate, si evidenzia in particolare la necessità di tenere in conto i fenomeni di deformazione e di possibile instabilità che interessano i volumi di terreno laterali allo scavo.

La determinazione quantitativa di tali volumi, che definiscono la cosiddetta "zona di influenza", dipende principalmente dalla profondità dello scavo, dal tipo di terreno e dal grado di umidità dello stesso.

Nel caso si preveda l'impiego della tecnica di scavo con pareti inclinate, può essere omessa la realizzazione di specifici sistemi di sostegno dello stesso, fatta salva la necessità di proteggere adeguatamente gli operatori al suo interno, solo quando l'inclinazione delle pareti sia almeno pari all'angolo di riposo del terreno.

Nel caso si preveda l'impiego della tecnica di scavo con pareti verticali, un idoneo sistema di contenimento deve essere sempre posto in opera, per l'intera altezza di scavo affacciato alla tubazione gas e prolungato per una lunghezza pari alla zona di influenza, contestualmente all'avanzamento dello scavo stesso; la sua rimozione, fatta salva comunque la necessità di proteggere adeguatamente gli operatori all'interno dello scavo, può avvenire solo dopo che il riempimento dello stesso, seguito da adeguato costipamento del materiale di rinterro, abbia raggiunto approssimativamente la quota della tubazione gas posta all'interno della zona di influenza.

Un sistema di contenimento completo comporta gli elementi seguenti:

- elementi di contrasto alla testa delle pareti;
- elementi verticali disposti lungo le pareti, in tavole singole oppure assemblate in pannelli, infissi nel terreno o comunque muniti di contrasto al piede;

- elementi di contrasto intermedi (posti quanto più in basso possibile) che integrino l'azione del contrasto al piede all'aumentare della profondità di scavo e/o quando l'infissione degli elementi verticali non sia ritenuta efficace.

In funzione delle caratteristiche dello scavo e del tipo di terreno il sistema di sostegno può prevedere tutti o parte degli elementi sopra definiti.

Si sottolinea che qualsiasi incremento di carico sulla superficie del terreno compresa nella zona di influenza, determina incrementi di spinta sul sistema di contenimento delle pareti dello scavo che richiedono adeguato ed accurato contrasto integrativo ad evitare cedimenti iniziali e successivi; in relazione a ciò deve essere rispettato quanto indicato in 7.1.5 e 7.2.1.

Si sottolinea inoltre la grande influenza che assume la variabile tempo per lo svilupparsi dei fenomeni di instabilità (legati anche a possibili variazioni termo-igrometriche) e si raccomanda pertanto di mantenere lo scavo aperto per un periodo di tempo il più possibile limitato.

Fatta salva la necessità di procedere ad accurata determinazione dei parametri caratteristici dei terreni quando l'importanza dei lavori programmati lo richieda, vengono di seguito riportati, a titolo indicativo, i criteri pratici minimi per l'individuazione della zona di influenza basati sui valori dell'angolo di riposo di vari tipi di terreno.

Il prospetto 2 indica, in base ai criteri suddetti, la larghezza della zona di influenza su ciascuno dei due lati dello scavo in funzione del tipo di terreno e della profondità dello scavo stesso.

prospetto 2 **Valutazione della zona di influenza ai lati dello scavo** (per profondità ≥ 2,00 m)

Tipo di terreno	Angolo di riposo ϕ gradi	Larghezza zona di influenza, *L* (su ciascun lato dello scavo) m			
		Profondità di scavo, *H* m			
		2	3	4	5
Roccia	90	-	-	-	-
Argille da compatte a dure	63,4	1	1,5	2	2,5
Terreni con caratteristiche medie	45	2	3	4	5
Sabbie e ghiaie sciolte/argille tenere	33,7	3	4,5	6	7,5
Sabbie sature/ argille molto tenere	26,6	4	6	8	10

APPENDICE A ESEMPI DI AZIONI DI PREVENZIONE A CURA DELL'ENTE GESTORE DEL SERVIZIO GAS
(informativa)

L'attività di prevenzione è generalmente connessa con i seguenti problemi:

- attività in possibile presenza di gas di altri gestori di reti di servizi;
- interferenze tra altre reti di servizi e tubazioni gas.

Per il primo si raccomanda l'invio da parte dell'ente gestore del servizio gas, di comunicazioni a tutti i gestori di servizi di utilità pubblica, che evidenzino la necessità di porre attenzione alla rilevazione dell'eventuale presenza di gas prima di ogni intervento sulle rispettive reti di servizi.

Per il secondo si raccomanda l'invio da parte dell'ente gestore del servizio gas, di comunicazioni a tutti i gestori di servizi di utilità pubblica, che evidenzino la necessità di porre attenzione alla difesa delle tubazioni gas da fenomeni di corrosione che potrebbero prodursi per contatti metallici diretti successivi alla posa delle tubazioni gas stesse.

APPENDICE B (informativa) **COMUNICAZIONE DEI LAVORI ALL'ENTE GESTORE DEL SERVIZIO GAS**

Informazioni da comunicare:

- Dati anagrafici dell'appaltatore.
- Dati anagrafici del direttore lavori.
- Dati anagrafici del responsabile di cantiere.
- Date previste di inizio e fine lavori.
- Luogo dei lavori.
- Tipo dei lavori.
- Tipo e dimensione degli scavi.
- Informazioni sull'impiego di macchine spingitubo (se previste).
- Allegati tecnici di progetto (in relazione all'entità ed alla tipologia dei lavori previsti).

APPENDICE C (informativa)

ESEMPIO DI PROCEDURA DI CONSULTAZIONE SISTEMATICA TRA GESTORI DI OPERE SOTTERRANEE DI UTILITÀ PUBBLICA

In realtà territoriali di comuni che siano dotati di un ente di coordinamento è generalmente possibile:

- l'istituzione di incontri di consultazione sistematica, a frequenza indicativa da settimanale a mensile, in relazione alle esigenze delle diverse realtà territoriali, al quale partecipino gli uffici comunali competenti ed i gestori di opere sotterranee di utilità pubblica;
- l'accordo tra l'ufficio comunale preposto al rilascio dei provvedimenti amministrativi di concessione o autorizzazione e l'ufficio di coordinamento, con presa visione delle opere in progetto da parte di quest'ultimo ufficio.

Indicativamente, le fasi che danno luogo al parere favorevole da parte dell'ufficio di coordinamento possono essere quelle descritte di seguito.

- Il gestore interessato inoltra all'ufficio di coordinamento una richiesta di nullaosta per l'intervento di manomissione del suolo pubblico.
- La richiesta è corredata della pianta della zona interessata con indicazione del percorso dell'opera sotterranea prevista (di seguito definito "progetto").
- Il progetto è inviato in un numero di copie pari al numero di gestori di opere sotterranee partecipanti al tavolo permanente.
- L'ufficio di coordinamento smista le copie del progetto ai gestori di opere sotterranee.
- I gestori di opere sotterranee riportano sul progetto la posizione dei propri servizi (di massima) identificando i punti in cui si ravvisano incompatibilità e richiedendo una o più soluzioni tecniche alternative; segnalano inoltre l'eventuale intenzione di realizzare proprie future opere.
- Il progetto viene nuovamente inviato all'ufficio di coordinamento.
- Nel corso di un incontro di consultazione vengono esaminate tutte le esigenze con riguardo soprattutto a:
  - discussione sulle prescrizioni o varianti relative al progetto presentate dai gestori di opere sotterranee di utilità pubblica;
  - problemi di viabilità;
  - concomitanza di più interventi;
  - vincoli determinati da recenti lavori di rifacimento stradale.
- Il provvedimento amministrativo di autorizzazione o concessione viene rilasciato solo dopo che l'ufficio di coordinamento abbia espresso parere favorevole ("nullaosta").
- Il "nullaosta" è corredato dell'elenco dei gestori da avvisare prima dell'inizio dei lavori in modo che questi possano eventualmente presenziare in cantiere ed indicare la posizione dei propri servizi con maggior precisione.
- L'area di lavoro viene consegnata al richiedente previo sopralluogo con un tecnico comunale per accertare lo stato del sito.

APPENDICE D (informativa)

ESEMPIO DI FUNZIONAMENTO DI UN SISTEMA DI RICEZIONE TELEFONICA MULTISERVIZIO

Il sistema, basato sull'associazione di Enti gestori di opere sotterranee di utilità pubblica, si prefigge lo scopo di informare gli Enti stessi in merito ai lavori nel sottosuolo, eseguiti da operatori terzi, in zone in cui siano posati servizi interrati.

Il compito del sistema è quello di assicurare un coordinamento di tipo esclusivamente informativo (non tecnico) fra gli aderenti, con l'obiettivo ultimo di prevenire danneggiamenti ai servizi interrati gestiti dagli stessi.

Le informazioni provenienti dagli operatori terzi sui lavori programmati (luogo e data di esecuzione, natura dei lavori, mezzi impegnati, nominativo del committente e dell'appaltatore), fornite di norma con qualche giorno di anticipo rispetto alla data di esecuzione dei lavori, vengono ricevute dal sistema che provvede a trasmetterle a tutti gli associati presso le rispettive unità competenti per territorio.

Ogni associato, qualora reputi le informazioni di proprio interesse, instaura un rapporto diretto con gli operatori terzi, al quale il sistema non è più chiamato a partecipare.

Reciprocamente, ogni associato al sistema provvede a informare lo stesso in occasione di lavori da eseguire su propri impianti ubicati all'esterno di aree di proprietà delimitate.

Il sistema può assolvere anche il compito di archiviazione delle informazioni, con periodica diffusione di statistiche, in merito alle stesse, agli aderenti al servizio.

PUNTI DI INFORMAZIONE E DIFFUSIONE UNI

Milano (sede)	Via Battistotti Sassi, 11b - 20133 Milano - Tel. (02) 70024200 - Fax (02) 70105992 - Internet: www.unicei.it - Email: diffusione@uni.unicei.it
Roma	Piazza Capranica, 95 - 00186 Roma - Tel. (06) 69923074 - Fax (06) 6991604
Bari	c/o Tecnopolis Csata Novus Ortus Strada Provinciale Casamassima - 70010 Valenzano (BA) - Tel. (080) 8770301 - Fax (080) 8770553
Bologna	c/o CERMET Via A. Moro, 22 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) - Tel. (051) 6257511 - Fax (051) 6257650
Brescia	c/o AQM s.r.l. Via Lithos, 53 - 25086 Rezzato (BS) - Tel. (030) 2590656 - Fax (030) 2590659
Firenze	c/o Associazione Industriali Provincia di Firenze Via Valfonda, 9 - 50123 Firenze - Tel. (055) 2707268 - Fax (055) 281616
Napoli	c/o Consorzio Napoli Ricerche Corso Meridionale, 58 - 80143 Napoli - Tel. (081) 5537106 - Fax (081) 5537112
Torino	c/o Centro Estero Camere Commercio Piemontesi Via Ventimiglia, 165 - 10127 Torino - Tel. (011) 6700511 - Fax (011) 6965456
Vicenza	c/o Associazione Industriali Provincia di Vicenza Piazza Castello, 3 - 36100 Vicenza - Tel. (0444) 545573 - Fax (0444) 547318

ERRATA CORRIGE	**del 3 marzo 2004**
NORMA	**UNI 10576:1996 (aprile)**
TITOLO	**Protezione delle tubazioni di gas durante i lavori nel sottosuolo**

Pag	In	Modifica
I	Sommario	Sostituire "La presente norma fornisce i criteri guida per l'esecuzione di lavori" con "La presente norma costituisce una guida per l'esecuzione di lavori"
1	Punto 0	Sostituire l'intero testo con il seguente: "La presente norma è una guida per consentire interventi nel sottosuolo in prossimità di presidi (tubazioni) di gas che mantengano inalterate le condizioni di sicurezza preesistenti all'intervento. Tale guida è stata redatta nella consapevolezza che un apprezzabile contributo alla sicurezza di un sistema di trasporto e distribuzione del gas può essere apportato in aggiunta agli usuali criteri di sorveglianza, controllo, manutenzione programmata dalla sistematica conoscenza preventiva di tutte le possibili modifiche dello stato delle tubazioni esistenti (e quindi della loro sicurezza) che possono essere causate da prevedibili azioni esterne accidentali o di terzi."
1	Punto 1	Sostituire il secondo paragrafo con il seguente: "Essa fornisce le indicazioni necessarie per i lavori connessi con l'attività di soggetti operanti nel sottosuolo (amministrazioni locali, gestori di opere sotterranee di utilità pubblica, ecc.) e pone in evidenza le particolari attenzioni da riservare ai rapporti con tali soggetti, per accentuarne il carattere di stretta e costante collaborazione operativa, nel reciproco interesse."
1	Punto 1	Eliminare il terzo paragrafo

NORMA ITALIANA

Impianti a gas per uso domestico
Sistemi per l'evacuazione dei prodotti della combustione asserviti ad apparecchi alimentati a gas
Criteri di verifica, risanamento, ristrutturazione ed intubamento

UNI 10845

FEBBRAIO 2000

Gas plants for domestic use fed by network distribution
Systems for evacuation of combustion products, connected to gas appliances
Methods for efficiency test, renewal, renovation, lining

DESCRITTORI Apparecchio a gas, camino, canale da fumo, canna fumaria, aria comburente, evacuazione prodotti della combustione, idoneità, adeguamento, risanamento, intubamento

CLASSIFICAZIONE ICS 91.060.40

SOMMARIO La norma stabilisce i criteri per la verifica della funzionalità di sistemi in esercizio, asserviti ad apparecchi alimentati a gas e per la verifica dell'idoneità di sistemi esistenti, per i quali è previsto il collegamento di apparecchi alimentati a gas. Stabilisce inoltre i criteri per:
- l'adeguamento di sistemi;
- il risanamento e la ristrutturazione di camini e canne fumarie esistenti che non soddisfano i requisiti della norma;
- intubamento di camini e canne fumarie esistenti.

RELAZIONI NAZIONALI

RELAZIONI INTERNAZIONALI

ORGANO COMPETENTE CIG - Comitato Italiano Gas

RATIFICA Presidente dell'UNI, delibera del 21 gennaio 2000

RICONFERMA

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata dal CIG (Comitato Italiano Gas - viale Brenta 29, 20139 Milano), ente federato all'UNI.
È stata esaminata ed approvata dalla Commissione Centrale Tecnica, per la pubblicazione come norma raccomandata, il 18 novembre 1999.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.
È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.
Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione, per l'eventuale revisione della norma stessa.

INDICE

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma, con riferimento ai sistemi per l'evacuazione dei prodotti della combustione, prescrive i criteri da adottare per:

- la verifica della funzionalità di sistemi in esercizio, asserviti ad apparecchi alimentati a gas;
- la verifica dell'idoneità di sistemi esistenti, per i quali è previsto il collegamento di apparecchi alimentati a gas;
- l'adeguamento di sistemi, il risanamento e la ristrutturazione di camini e canne fumarie esistenti che a seguito di verifica risultano non soddisfare in tutto o in parte i requisiti prescritti dalla presente norma;
- l'intubamento di camini, canne fumarie o vani tecnici esistenti.

La presente norma si applica ai sistemi per l'adduzione di aria comburente e l'evacuazione dei prodotti della combustione ai quali siano collegati o si intendano collegare apparecchi di tipo B o di tipo C, alimentati a gas, inseriti in impianti domestici e similari compresi nel campo di applicazione delle UNI 7129 e UNI 7131.

Essa non si applica a:

- sistemi collettivi funzionanti con pressione positiva;
- sistemi asserviti ad apparecchi di tipo A;
- sistemi asserviti ad apparecchi di cottura;
- sistemi asserviti ad apparecchi con scarico diretto all'esterno.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI 7129	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione
UNI 7131	Impianti a GPL per uso domestico non alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione, esercizio e manutenzione
UNI 9177	Classificazione di reazione al fuoco dei materiali combustibili
UNI 10389	Generatori di calore - Misurazione in opera del rendimento di combustione

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si applicano le definizioni seguenti:

3.1 **adeguamento di un sistema per l'evacuazione dei prodotti della combustione**: Insieme di operazioni finalizzate a conseguire o ripristinare la funzionalità di un sistema.

3.2 **apparecchi similari**: Apparecchi dello stesso tipo, alimentati con lo stesso combustibile, con portata termica nominale uguale o che differisce di non oltre il 30% ed aventi le medesime condizioni di combustione e di evacuazione dei prodotti della combustione.

Nota Queste ultime in particolare sono evidenziate dalla presenza o meno del ventilatore nel circuito di combustione e dalla temperatura dei prodotti della combustione.

3.3 **vano tecnico (asola tecnica)**: Vano a sviluppo prevalentemente verticale, senza soluzione di continuità strutturale ai piani, con perimetro chiuso, adibito al contenimento dei servizi tecnici dell'edificio. Sono considerati vano tecnico anche i camini dismessi e le canne fumarie dismesse.

3.4 **camino**: Condotto verticale avente lo scopo di raccogliere ed espellere, a conveniente altezza dal suolo, i prodotti della combustione provenienti da un solo apparecchio o, nei casi consentiti, da 2 apparecchi.

3.5 **canale da fumo**: Condotto di raccordo posto tra l'uscita dei fumi di un apparecchio ed il camino, canna fumaria o condotto intubato.

3.6 **canna fumaria collettiva**: Condotto fumi unico atto a raccogliere ed espellere i prodotti della combustione di più apparecchi collocati su diversi piani.

3.7 **canna fumaria collettiva ramificata**: Condotto asservito a più apparecchi installati su più piani di un edificio, realizzato solitamente con elementi prefabbricati che, per giusta sovrapposizione e giunzione, determinano una serie di condotti singoli (secondari), ciascuno dell'altezza di un piano, e un collettore (primario) nel quale confluiscono i prodotti della combustione provenienti dai secondari a mezzo di un elemento speciale che svolge la funzione di deviatore.

3.8 **caratteristiche strutturali di un sistema**: Caratteristiche fisiche e costruttive di tutti i componenti del sistema. Ai fini della presente norma, per la valutazione delle condizioni delle stesse, si devono considerare: forma, superficie, sviluppo, dimensioni, altezza, integrità, natura dei materiali, quota di sbocco, sezione di sbocco.

3.9 **condotto di scarico fumi**: Condotto di raccordo, fornito direttamente dal costruttore dell'apparecchio e facente parte integrante dello stesso, posto tra l'uscita dei fumi dell'apparecchio ed un camino, canna fumaria, condotto intubato o terminale di scarico. Può essere a vista o all'interno del condotto per l'adduzione dell'aria comburente anch'esso a vista.

3.10 **condotto per intubamento**: Condotto composto da uno o più elementi a sviluppo prevalentemente verticale, specificatamente adatto a raccogliere ed espellere i prodotti della combustione, nonché a resistere nel tempo ai componenti degli stessi ed alle loro eventuali condense, idonea per essere inserita in un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente.

3.11 **condotto intubato**: Condotto per intubamento inserito in un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente.

3.12 **funzionalità di un sistema**: Caratteristica di un sistema di soddisfare i requisiti di sicurezza relativi all'adduzione di aria comburente, all'evacuazione dei prodotti della combustione e all'assenza di fuoriuscita verso l'ambiente interno dei prodotti stessi.

3.13 **fuoriuscita** (dei prodotti della combustione): Perdita dei prodotti della combustione dal sistema verso ambienti interni.

3.14 **idoneità di un sistema**: Insieme delle caratteristiche qualitative di un sistema che soddisfa i requisiti di:

- funzionalità;
- caratteristiche strutturali;
- tenuta.

3.15 **intubamento**: Operazione attraverso la quale, nell'ambito della ristrutturazione di un sistema e mediante l'introduzione di uno o più appositi condotti, si realizza, da un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, un sistema nuovo.

3.16 **portata termica effettiva di funzionamento**: Portata termica massima dell'apparecchio, durante il normale funzionamento dello stesso, ottenuta a seguito dell'eventuale regolazione effettuata dall'installatore, manutentore o responsabile dell'impianto.

3.17 **riflusso**: Fuoriuscita dei prodotti della combustione dall'apparecchio verso il locale di installazione.

3.18 **risanamento/ristrutturazione** (di un camino, canna fumaria): Operazioni finalizzate a conseguire o ripristinare l'idoneità di un sistema.

3.19 **sistema per l'adduzione di aria comburente e l'evacuazione dei prodotti della combustione** (di seguito definito "sistema"): Complesso delle predisposizioni edili e meccaniche per l'apporto di aria comburente all'/agli apparecchio/i e lo scarico all'esterno dei prodotti della combustione.

Sono da considerare parti integranti di un sistema le aperture di ventilazione e/o i condotti per l'apporto di aria comburente, i canali da fumo e i condotti di scarico degli apparecchi, i camini e le canne fumarie, i condotti intubati ed i comignoli.

3.20 **sistema collettivo**: Sistema nel quale più apparecchi similari, alimentati con lo stesso combustibile, sono raccordati alla stessa canna fumaria collettiva o allo stesso condotto intubato.

3.21 **sistema multiplo**: Insieme di più sistemi i cui condotti di aspirazione aria e/o evacuazione fumi sono alloggiati verticalmente nel medesimo vano tecnico.

3.22 **tenuta**: Attitudine di un camino, canna fumaria o condotto intubato a non lasciare fuoriuscire gas o vapori dalle pareti perimetrali.

3.23 **verifica**: Serie di operazioni di controllo eseguite in campo e finalizzate ad accertare il corretto funzionamento di un sistema e la rispondenza dello stesso alla presente normativa.

4 REQUISITI DI UN SISTEMA

4.1 Idoneità

Ai fini della presente norma, un sistema si ritiene idoneo all'esercizio quando sia accertato, mediante le necessarie verifiche effettuate secondo le prescrizioni di cui in 6, che sussistono tutti i requisiti di funzionalità, caratteristiche strutturali e tenuta, come prescritto nei punti seguenti.

4.1.1 Funzionalità

Un sistema risulta funzionale al tipo di apparecchio, a tiraggio naturale o munito di ventilatore nel circuito di combustione, cui è asservito, quando, sottoposto alle verifiche di cui in 6.1, soddisfa rispettivamente le condizioni seguenti:

- adeguato afflusso di aria comburente;
- assenza di riflusso dei prodotti della combustione verso l'ambiente interno;
- corretta evacuazione dei prodotti della combustione.

4.1.2 Caratteristiche strutturali

Le caratteristiche strutturali di un sistema si ritengono adeguate alle finalità della presente norma quando, effettuando le verifiche di cui in 6.2, presentano le condizioni seguenti:

- le aperture di ventilazione per l'adduzione di aria comburente agli apparecchi raccordati al sistema risultano libere, di adeguata superficie e protette con opportune griglie ove richiesto;
- gli altri componenti del sistema sono realizzati con materiali adatti e non devono presentare segni di deterioramento, danneggiamento, crepe, fessurazioni. In particolare i camini, le canne fumarie e i condotti intubati devono avere andamento verticale. Eventuali deviazioni di percorso o variazioni di sezione devono comunque consentire un corretto funzionamento fluidodinamico del sistema;
- la posizione e la quota di sbocco, la sezione di sbocco e il comignolo devono essere conformi a quanto prescritto dalla UNI 7129. Il terminale, ove previsto, deve essere stato installato secondo le istruzioni del costruttore;
- la camera di raccolta, quando necessaria, deve essere di altezza adeguata. Se risulta dotata di sportello o apposita apertura d'ispezione rivolti verso ambienti interni, questi devono poter essere chiusi a tenuta.

4.1.3 Tenuta

Un camino, canna fumaria o condotto intubato si ritiene a tenuta quando, effettuando una prova in pressione, secondo le modalità specificate in 6.3, 7.4.2 e 7.4.3, si riscontrano valori di perdita non maggiori di quelli prestabiliti.

In considerazione delle caratteristiche specifiche di funzionamento e delle altre modalità di controllo indicate nella presente norma, i requisiti di tenuta di camini o canne fumarie funzionanti in depressione, asserviti ad apparecchi a tiraggio naturale di tipo B_{11}, si intendono soddisfatti quando sono rispettate le prescrizioni di cui in 4.1.2, per quanto riguarda in particolare l'assenza di segni di deterioramento, danneggiamento, crepe e fessurazioni.

5 MOTIVAZIONI PER LA VERIFICA DEI REQUISITI

5.1 Motivazioni per la verifica dell'idoneità

I requisiti di idoneità di un sistema esistente devono essere verificati nei casi seguenti:

- eventi di tipo accidentale che possono aver modificato o compromesso il corretto funzionamento fluidodinamico del sistema;
- interventi di tipo edilizio che potrebbero compromettere o modificare il corretto funzionamento fluidodinamico del sistema;
- sostituzione di combustibili solidi o liquidi con combustibile gassoso;
- sostituzione di apparecchi, nel rispetto delle norme vigenti, con apparecchi di tipo diverso oppure dello stesso tipo ma non similari;
- ogni qualvolta il sistema risulti non funzionale e non adeguabile ai sensi della presente norma;
- su specifica richiesta dell'utente.

5.2 Motivazioni per la verifica della sola funzionalità

Il requisito di funzionalità di un sistema in esercizio deve essere verificato nei casi seguenti:

- modifiche ed ampliamenti dell'impianto di adduzione del gas che possono determinare variazioni della condizione di funzionamento del sistema;
- sostituzione di apparecchi con apparecchi similari;
- ogni qualvolta si riscontri un'anomalia del funzionamento del sistema.

6 ESECUZIONE DELLE VERIFICHE

Le operazioni di verifica di un sistema devono essere svolte da personale avente specifica competenza tecnica in materia.

Gli esiti delle verifiche devono essere opportunamente documentati (vedere esempio di cui in appendice C). In caso di esito negativo delle verifiche, gli impianti o gli apparecchi collegati al sistema non devono essere utilizzati o rimessi in servizio, se non dopo che il sistema sia stato opportunamente adeguato, risanato o ristrutturato secondo quanto indicato in 7.

6.1 Verifica della funzionalità

La funzionalità di un sistema in esercizio si determina, in relazione al tipo di apparecchio cui il sistema è asservito, effettuando le operazioni di seguito indicate.

6.1.1 Sistemi asserviti ad apparecchi di tipo B

a) Verificare che le aperture di ventilazione per l'adduzione di aria comburente siano di superficie adeguata, dimensionate secondo le norme vigenti o in vigore all'epoca della loro realizzazione e siano libere da qualsiasi ostacolo che impedisca l'afflusso di aria.

b) Verificare le modalità di raccordo dell'apparecchio con il camino, canna fumaria o condotto intubato. I canali da fumo devono presentare i requisiti seguenti:
   - non devono essere deteriorati,
   - devono essere ben fissati in maniera da impedire lo scollegamento accidentale dei vari componenti nonché dall'apparecchio e dall'imbocco del camino, canna fumaria o condotto intubato.

   Inoltre, per gli apparecchi di tipo B a tiraggio naturale, i canali da fumo:
   - devono avviare in maniera adeguata il flusso ascendente dei prodotti della combustione verso l'imbocco del camino, canna fumaria o condotto intubato,
   - devono ricevere lo scarico dei prodotti della combustione di un solo apparecchio. È consentito che due apparecchi similari a gas, installati nello stesso ambiente, scarichino in un apposito canale da fumo collettore purché dimensionato secondo la UNI 7129. È consentito anche lo scarico di due apparecchi similari a gas direttamente in un camino o condotto intubato purché la differenza di quota tra gli assi agli imbocchi dei due canali da fumo risulti non minore di 250 mm,
   - lungo tutto il percorso del canale da fumo non devono essere presenti serrande o altri sistemi di chiusura,
   - devono avere per tutta la lunghezza una sezione non minore di quella dell'attacco all'apparecchio. Nel caso in cui il camino, canna fumaria o condotto intubato avesse l'imbocco con diametro minore di quello del canale da fumo, il collegamento deve essere effettuato con un raccordo conico.

c) Verificare l'efficienza dei dispositivi di evacuazione dei prodotti della combustione nei modi di seguito indicati.

6.1.1.1 Camini singoli asserviti ad apparecchi di tipo B

Procedere come segue:
- chiudere porte e finestre dell'unità immobiliare in cui è installato l'apparecchio;
- chiudere a tenuta eventuali camini o condotti di scarico aperti e non utilizzati presenti nel locale di installazione dell'apparecchio o in locali con esso comunicanti;
- accendere l'apparecchio alla portata termica effettiva di funzionamento, per un periodo sufficiente a svolgere le prove sottoindicate;
- accendere contemporaneamente eventuali altri apparecchi a camera di combustione aperta o caminetti aperti presenti nel locale stesso o nei locali comunicanti e azionare eventuali dispositivi (elettroventilatori o altro) che con il loro funzionamento potrebbero mettere in depressione il locale o creare condizioni di disturbo al funzionamento fluidodinamico del sistema.
  Nel caso sussistano condizioni termofluidodinamiche peggiorative per il funzionamento del sistema esse dovranno essere tenute in considerazione.

Dopo almeno 10 min dall'accensione dell'apparecchio, nelle condizioni sopraindicate, si deve:

a) effettuare un controllo visivo delle caratteristiche di combustione (conformazione, geometria e colorazione delle fiamme);
b) accertare l'assenza di riflusso dei prodotti della combustione in ambiente, per mezzo di appositi strumenti o attrezzi, posizionandoli in particolare lungo il perimetro dell'interruttore di tiraggio dell'apparecchio, nei punti di giunzione dei canali da fumo o dei condotti di scarico e in prossimità dell'imbocco nel camino o condotto intubato;
c) **solo per apparecchi di tipo B a tiraggio naturale**:
   accertare la corretta evacuazione dei prodotti della combustione mediante verifica del tiraggio effettivo esistente (vedere appendice B) tra la sezione di uscita dei prodotti della combustione dall'apparecchio ed il locale di installazione dell'apparecchio medesimo.

Nel caso in cui si riscontrasse il collegamento di due apparecchi di tipo B a tiraggio naturale, raccordati allo stesso camino o condotto intubato, purché gli apparecchi siano installati nello stesso locale e siano state rispettate tutte le altre prescrizioni indicate in merito dalla UNI 7129, le operazioni di verifica sopraindicate devono essere effettuate nel modo seguente:

- accendere solo l'apparecchio di portata termica minore, alla portata effettiva di funzionamento ed eseguire le prove a), b) e c);
- accendere entrambi gli apparecchi, alla portata effettiva di funzionamento ed eseguire le prove a), b) e c) per entrambi gli apparecchi.

6.1.1.2 Canne collettive ramificate, non ancora sottoposte a verifica di idoneità

Per le canne collettive ramificate non ancora sottoposte a verifica di idoneità, nei casi in cui sia richiesta la verifica della sola funzionalità (5.2), la stessa deve essere effettuata unicamente presso la singola unità abitativa o il singolo impianto interessati dall'intervento, secondo le modalità descritte in 6.1.1.1.

6.1.1.3 Canne collettive ramificate, da sottoporre a verifica di idoneità

Per le canne collettive ramificate che richiedono invece la verifica dell'idoneità (5.1), la funzionalità del sistema deve essere verificata, nelle condizioni di funzionamento indicate in 6.1.1.1, nel modo seguente:

- accendere, partendo dal basso, soltanto l'ultimo apparecchio che si immette nel collettore, alla portata termica effettiva di funzionamento, per un periodo di tempo non minore di 10 min ed eseguire le prove a), b) e c) di cui in 6.1.1.1;
- dopo circa 10 min dallo spegnimento dell'apparecchio sopraindicato accendere, per un periodo di tempo non minore di 10 min soltanto il primo apparecchio che si immette nel collettore ed eseguire le prove a), b) e c) di cui in 6.1.1.1;
- dopo circa 10 min dallo spegnimento dell'apparecchio sopraindicato accendere e far funzionare tutti gli apparecchi raccordati alla canna collettiva ramificata, alla portata effettiva di funzionamento, per un periodo di tempo sufficiente a svolgere la verifica ed eseguire le prove a), b) e c), di cui in 6.1.1.1, ad ogni piano.

6.1.2 Sistemi asserviti ad apparecchi di tipo C

a) Verificare le modalità di raccordo con il camino/canna fumaria/condotto intubato. In particolare accertarsi della corretta installazione dei condotti di aspirazione aria e scarico dei prodotti della combustione, nel rispetto delle norme vigenti e delle istruzioni fornite dal costruttore dell'apparecchio stesso.

b) Accendere l'apparecchio alla portata effettiva di funzionamento per un periodo di almeno 10 min.

c) Verificare l'assenza di fuoriuscita di prodotti della combustione verso l'ambiente interno, per mezzo di appositi strumenti o attrezzature, controllando la tenuta dei condotti in relazione a quanto prescritto dalle norme per gli apparecchi di tipo C. Il controllo deve essere effettuato lungo tutto il percorso dei condotti di scarico fino al punto in cui i condotti si raccordano al camino/canna fumaria/condotto intubato.

6.2 Verifica delle caratteristiche strutturali

Le condizioni dei componenti del sistema devono essere attentamente valutate con un'ispezione visiva.

Le condizioni della struttura del camino, canna fumaria o condotto intubato, devono essere verificate con un esame delle parti accessibili esterne e di quelle interne mediante osservazione diretta o adeguate tecniche strumentali. Si devono inoltre controllare:

- la presenza della camera di raccolta (nei casi in cui questa risulti richiesta);
- l'altezza del tronco di camino, canna fumaria o condotto intubato che fuoriesce dal tetto;
- la sezione di sbocco del camino, canna fumaria o condotto intubato e del comignolo;
- la distanza dal colmo del tetto e da altri volumi che possono ostacolare il deflusso dei prodotti della combustione.

I rispettivi valori devono essere conformi a quanto prescritto in merito dalla UNI 7129.
In particolare:

- la sezione utile del camino, canna fumaria o condotto intubato deve essere compatibile con le caratteristiche dell'/degli apparecchio/i collegato/i o che si intende/intendono collegare;
- il comignolo, ove quest'ultimo risulti richiesto, deve essere conformato in modo da impedire la penetrazione degli agenti atmosferici, assicurare lo scarico dei prodotti della combustione, anche in presenza di venti di ogni direzione ed inclinazione, ed essere posizionato al di fuori della zona di reflusso.

6.3 Verifica della tenuta di camini/canne fumarie

La verifica della tenuta di camini e canne fumarie può essere eseguita secondo la metodologia seguente:

a) chiudere a tenuta con appositi attrezzi la sezione orizzontale interna del camino o canna fumaria rispettivamente al di sotto dell'imbocco del canale da fumo o condotto di scarico ubicato più in basso e alla quota di sbocco;
b) scollegare i canali da fumo o condotti di scarico di tutti gli apparecchi collegati al sistema e chiudere a tenuta la sezione verticale nei rispettivi punti di imbocco;
c) mettere in pressione il camino o canna fumaria con apposito strumento, per mezzo di aria a temperatura ambiente, e portarlo rispettivamente a:
   - 40 Pa nel caso di camini o canne fumarie funzionanti con pressione negativa (depressione) rispetto all'ambiente;
   - 200 Pa nel caso di camini, funzionanti con pressione positiva (sovrappressione) rispetto all'ambiente[1].

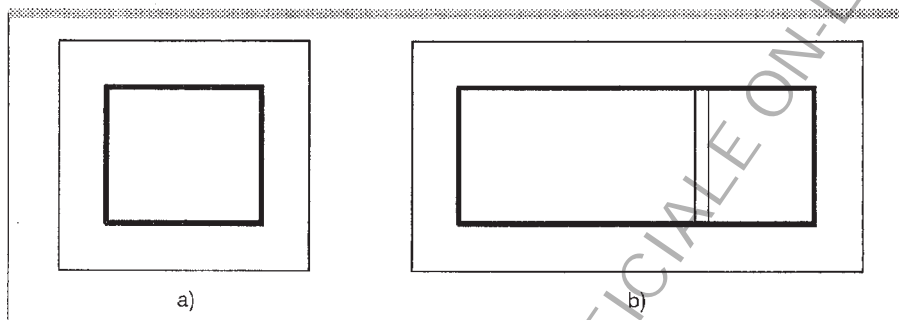
Quando la perdita risulta stabilizzata verificarne il valore che deve risultare non maggiore di:

- $2 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s \times m^2}$ nel caso di camini o canne fumarie collettive funzionanti con pressione negativa rispetto all'ambiente, asserviti ad apparecchi con ventilatore nel circuito di combustione[2];
- $0{,}12 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s \times m^2}$ nel caso di camini funzionanti con pressione positiva rispetto all'ambiente, esterni all'edificio e non addossati a locali abitati.

La superficie di riferimento del camino/canna fumaria su cui verificare la perdita è determinata dal perimetro interno indicato rispettivamente nelle figure 1 a) e 1 b).
Per la verifica della tenuta dei condotti intubati attenersi a quanto previsto rispettivamente in 7.4.2 e 7.4.3.

1) Non è consentito il funzionamento in sovrappressione di camini o canne fumarie interne alla struttura dell'edificio o addossate a locali abitati, anche nel caso che il sistema sia al servizio di apparecchi muniti di ventilatore nel circuito di combustione.

2) Non è consentito allacciare apparecchi tipo B, muniti di ventilatore nel circuito di combustione, in canne collettive ramificate.

figura 1 **Perimetro di riferimento da considerare per la determinazione della superficie sulla quale calcolare la perdita** (indicato in grassetto)

7 ADEGUAMENTO/RISANAMENTO/RISTRUTTURAZIONE

7.1 Generalità

Un sistema che, a seguito degli interventi indicati rispettivamente in 5.1 o in 5.2, e delle relative necessarie verifiche di cui in 6 della presente norma, non dovesse soddisfare in tutto o in parte i requisiti prescritti non può essere riutilizzato o rimesso in funzione se non dopo essere stato sottoposto a interventi mirati a ripristinarne rispettivamente i requisiti di funzionalità o idoneità. Ai sensi della legislazione vigente[3)], tali interventi devono essere progettati da professionisti ed eseguiti da imprese specializzate, aventi specifica competenza tecnica.

Il progetto può essere sostituito da una relazione tecnica in tutti i casi di adeguamento del sistema e nei casi di risanamento o ristrutturazione quando il sistema da risanare o ristrutturare sia asservito ad un apparecchio di portata termica nominale non maggiore di 35 kW e non risulti inserito o compreso in sistemi multipli o collettivi.

Progetto, o relazione tecnica, ed esecuzione devono garantire il tipo di servizio dichiarato (a secco, a umido, in depressione o a pressione positiva) e specificare le norme cui si conformano.

Al termine dei lavori il sistema deve essere sottoposto alle rispettive verifiche di cui in 6 e soddisfare tutti i requisiti richiesti. Gli esiti delle verifiche devono essere opportunamente documentati ed allegati, insieme al progetto o alla relazione tecnica, alla Dichiarazione di Conformità dell'impianto gas prevista dalla legislazione vigente[3)] [vedere esempio di relazione termica di cui in appendice C, moduli a) + b) + c)].

I materiali ed i componenti per l'adeguamento, risanamento o ristrutturazione dei sistemi devono essere espressamente dichiarati idonei allo scopo dal costruttore.

7.2 Risanamento mediante rivestimento interno di camini/canne fumarie esistenti

È consentito il risanamento di camini e canne fumarie esistenti attraverso il rivestimento delle pareti perimetrali interne utilizzando materiali adatti e tecniche di installazione adeguate, dichiarati idonei allo scopo dal produttore.

In particolare, i materiali impiegati devono essere adatti a resistere alle normali condizioni di esercizio previste, ai componenti chimici presenti nei prodotti della combustione, alle sollecitazioni termiche e meccaniche nonché alle operazioni di pulizia o manutenzione.

3) Alla data di pubblicazione della presente norma, la materia è disciplinata dalla Legge 5 marzo 1990, n° 46 "Norme per la sicurezza degli impianti".

7.3 Trattamento di camini/canne fumarie contenenti amianto

Nel caso di interventi su camini o canne fumarie realizzate con materiali contenenti amianto, devono essere osservate ed applicate tutte le disposizioni legislative vigenti in materia[4], allo scopo di impedire la dispersione di fibre di amianto ed il pericolo dovuto all'esposizione allo stesso. In particolare, prima di ogni intervento di pulizia, manutenzione, ristrutturazione, risanamento del camino o della canna fumaria si deve trattare tutta la superficie degli stessi per evitare il rilascio di fibre di amianto.

Gli operatori devono usare schemi di lavoro dettagliati di comprovata efficacia, riportanti la descrizione delle operazioni da svolgere e gli strumenti da utilizzare. I materiali rimossi devono essere smaltiti nel rispetto delle disposizioni legislative vigenti in materia[4].

7.4 Intubamento

7.4.1 Prescrizioni generali

In attesa che venga definita una specifica normativa tecnica in materia[5], è consentito l'intubamento di camini, canne fumarie e vani tecnici esistenti purché vengano rispettati i criteri generali di seguito indicati.

Il camino, canna fumaria o vano tecnico esistente deve essere di materiale di classe "0" di reazione al fuoco (UNI 9177) e deve essere adibito ad uso esclusivo del nuovo sistema.

Il camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, oltre alle eventuali indicazioni del costruttore del condotto e degli accessori per l'intubamento, deve avere le seguenti caratteristiche tali da permetterne l'intubamento:

- assenza di ostruzioni o restringimenti tali da pregiudicarne la congruenza strutturale o il funzionamento termofluidodinamico (qualora ciò sia necessario o rilevante ai fini della sicurezza);
- pulizia della superficie interna e degli accessori edili o termotecnici (in modo particolare non devono essere presenti scorie o fuliggine);
- sezione sufficiente a garantire un agevole ed adeguato inserimento del nuovo condotto (o dei nuovi condotti, nel caso di sistemi multipli);
- assenza di danni strutturali tali da comprometterne l'integrità;
- essere protetto con dispositivi che impediscano la penetrazione degli agenti atmosferici.

La struttura del camino, canna fumaria o vano tecnico esistente deve essere considerata parte integrante del nuovo sistema, in particolar modo al fine della valutazione della resistenza termica globale di parete.

Per i condotti per l'intubamento e per i loro componenti e accessori, è necessario accertarsi che da parte del produttore, nell'ambito della documentazione tecnica di prodotto e/o della dichiarazione di conformità del prodotto, sia garantito il mantenimento nel tempo delle caratteristiche di tenuta e di resistenza alle normali sollecitazioni meccaniche, termiche e chimiche; in modo particolare, deve essere garantita la resistenza all'azione dei prodotti della combustione e delle loro eventuali condense in modo da evitare l'insorgere di danni conseguenti (vedere appendice A).

Il costruttore dei condotti, dei componenti e accessori per l'intubamento deve inoltre fornire le prescrizioni per l'installazione ed il corretto utilizzo, nonché le indicazioni relative alle eventuali operazioni periodiche di manutenzione ordinaria e/o straordinaria.

I condotti per l'intubamento possono essere costituiti da più elementi opportunamente giuntati a tenuta. I giunti devono:

- assicurare la stabilità del complesso;
- evitare la disgiunzione degli elementi durante l'installazione e durante le normali condizioni di esercizio;
- garantire la tenuta in ottemperanza alle prescrizioni contenute nelle normative vigenti.

4) Alla data di pubblicazione della presente norma, la materia è disciplinata dalla Legge 27 marzo 1992, n° 257 "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto" e successivi decreti ad essa collegati.

5) A livello europeo, da parte del Comitato Tecnico CEN/TC 166 "Camini" sono allo studio normative specifiche in materia.

Il dimensionamento dei condotti, dei loro componenti ed accessori deve essere effettuato in funzione dei parametri seguenti:

- numero e caratteristiche degli apparecchi allacciati;
- proprietà fisiche e modalità di funzionamento (a secco o ad umido) del sistema intubato;
- misure geometriche, accidentalità distribuite e concentrate, peculiarità termofluidodinamiche del sistema intubato e dell'impianto fumario complessivo.

Il sistema deve essere ispezionabile e deve consentire le previste operazioni di pulizia e di manutenzione ordinaria e straordinaria, secondo le indicazioni del costruttore del sistema stesso.

I sistemi, quando richiesto, devono essere protetti con accessori e dispostivi che impediscano la penetrazione degli agenti atmosferici.

Nel caso in cui sia prevista la realizzazione di un'intercapedine, tra il condotto intubato e la struttura del camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, per l'adduzione di aria comburente agli apparecchi raccordati al sistema, essa deve essere:

- aperta alla sommità;
- ispezionabile;
- adeguatamente dimensionata:

Nei casi di cui in 7.1 per i quali ai sensi della legislazione vigente in materia non è obbligatoria la realizzazione del progetto[6], l'eventuale sezione libera dell'intercapedine per l'adduzione di aria comburente agli apparecchi deve essere almeno pari al 150% della sezione interna del condotto di evacuazione dei fumi. Sezioni diverse sono consentite solo in caso di presenza di progetto.

I giunti dei condotti e i distanziatori utilizzati per il fissaggio o la centratura del condotto all'interno del camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, non devono diminuire in ogni punto la sezione dell'intercapedine minima di ventilazione di oltre il 10%.

Non è consentito l'utilizzo di condotti e accessori non espressamente previsti per lo scopo medesimo.

L'installazione di condotti e componenti metallici deve essere realizzata nel rispetto delle pertinenti norme CEI, in particolare per quanto riguarda la messa a terra e la protezione da scariche elettriche in genere.

7.4.2 Prescrizioni aggiuntive per l'intubamento con condotti funzionanti con pressione negativa rispetto all'ambiente

La tenuta dei condotti intubati può essere verificata con le modalità operative di cui in 6.3, ad una pressione di prova pari a 40 Pa. In tale condizione il valore di perdita deve risultare non maggiore di:

- $2 \times 10^{-3} \dfrac{m^3}{s \times m^2}$ nel caso di condotti intubati funzionanti con pressione negativa rispetto all'ambiente, al servizio di apparecchi con ventilatore nel circuito di combustione.

Il sistema ristrutturato deve permettere le normali dilatazioni senza compromettere i requisiti sopra enunciati.

I condotti devono avere andamento verticale; sono ammessi non più di due cambiamenti di direzione purché l'angolo di incidenza con la verticale non sia maggiore di 30°.

Nei condotti, secondo il verso dei fumi, non è consentito effettuare restringimenti della sezione; è consentito effettuare eventuali allargamenti troncoconici purché compatibili e verificati da un calcolo o espressamente dichiarati idonei dal costruttore.

In prossimità della base, il condotto intubato deve essere dotato di una camera di raccolta con sportello di ispezione a tenuta e di eventuale dispositivo per lo smaltimento delle condense.

6) Vedere nota 3) di pagina 8.

7.4.3 Prescrizioni aggiuntive per l'intubamento con condotti funzionanti con pressione positiva rispetto all'ambiente

Nel caso di intubamento di camini, canne fumarie o vani tecnici esistenti con condotti funzionanti con pressione positiva rispetto all'ambiente, oltre ai requisiti generali indicati in 7.4.1 devono essere rispettate le prescrizioni seguenti.

Il camino, canna fumaria o vano tecnico esistente deve essere predisposto all'esecuzione delle necessarie operazioni di manutenzione, di verifica e di controllo; tale predisposizione deve essere chiaramente individuabile. Nel caso in cui ciò sia realizzato mediante un'apertura di ispezione, rivolta verso ambienti interni, essa deve essere chiusa a tenuta.

L'intubamento deve essere realizzato con l'ausilio di prodotti e di tecnologie adatti allo scopo, espressamente dichiarati idonei dal costruttore.

In ogni caso non è consentito l'utilizzo di componenti con giunzione longitudinale aggraffata o comunque discontinua.

Devono essere adottati opportuni accorgimenti affinché, lungo lo sviluppo dei condotti, venga evitato il ristagno delle eventuali condense.

Eventuali restringimenti della sezione e/o cambiamenti di direzione e l'angolo di incidenza con la verticale, devono essere verificati da un calcolo o espressamente dichiarati idonei dal costruttore.

Tra la superficie perimetrale interna del camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, e la superficie perimetrale esterna del condotto intubato, deve essere assicurata una sezione di ventilazione d'aria verso l'esterno, aperta alla base e alla sommità.

Nei casi in cui l'apertura alla base non risulti direttamente prospiciente verso l'esterno, è consentita la realizzazione di un canale di collegamento tra l'apertura stessa e l'esterno.

Nei casi di cui in 7.1 per i quali non è obbligatorio il progetto[7)], l'apertura alla base o l'eventuale canale di collegamento, deve avere una sezione netta adeguatamente dimensionata e comunque non minore della sezione di ventilazione stessa. Misure diverse possono essere consentite in presenza di progetto.

L'apertura alla base deve essere adeguatamente protetta con griglie o simili.

L'intercapedine libera di ventilazione può essere utilizzata anche per l'adduzione di aria comburente agli apparecchi collegati al sistema. In questo caso, per il quale non è necessario realizzare l'apertura di ventilazione alla base, la sezione dell'intercapedine deve essere opportunamente dimensionata.

Nei casi di cui in 7.1 per i quali non è obbligatorio il progetto[7)], la sezione libera dell'intercapedine suddetta deve essere almeno pari al 150% della sezione interna del condotto di evacuazione fumi. Misure diverse possono essere consentite in presenza di progetto.

Nel caso di condotti intubati funzionanti con pressione positiva rispetto all'ambiente, inseriti in camini, canne fumarie o vani tecnici posti all'esterno dell'edificio e non addossati a locali abitati, non è necessario prevedere la sezione libera di ventilazione precedentemente indicata.

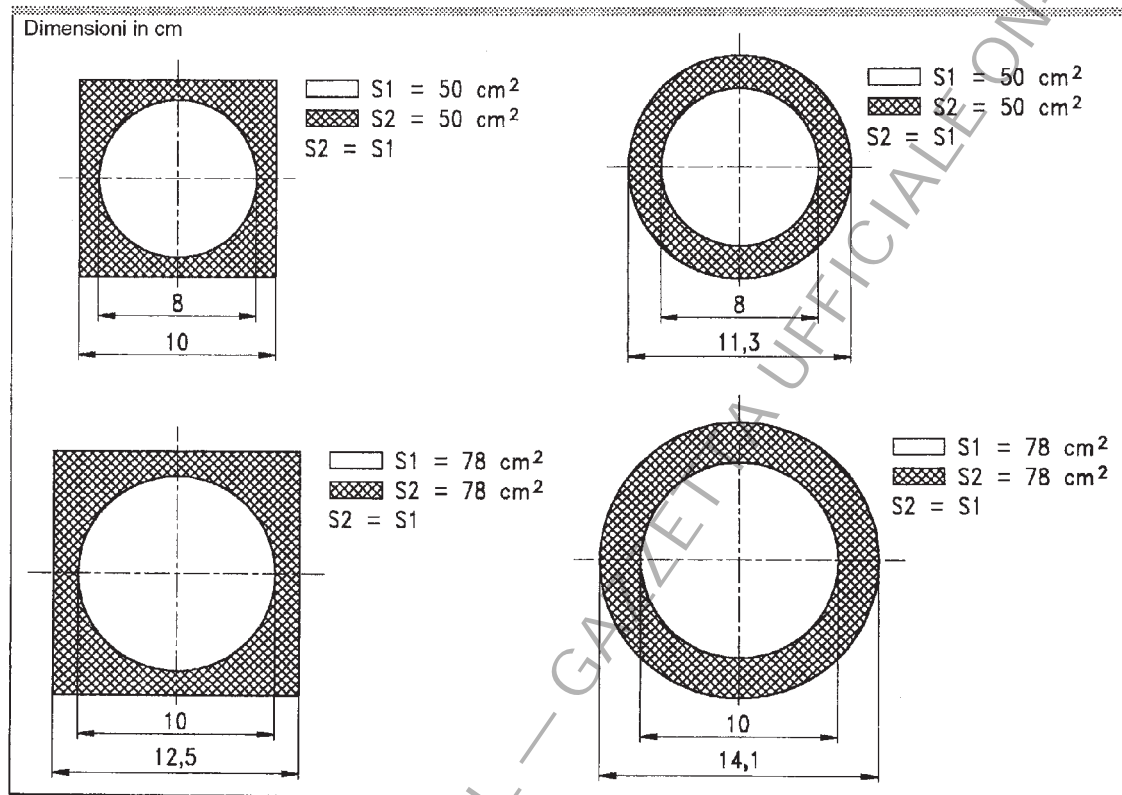
I giunti dei condotti, i distanziatori eventualmente utilizzati per il fissaggio o la centratura del condotto all'interno del camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, non devono diminuire la sezione dell'intercapedine di ventilazione minima di oltre il 10% in ogni punto.

La sezione libera netta dell'intercapedine per la sola ventilazione deve rispettare almeno i requisiti dimensionali di seguito indicati.

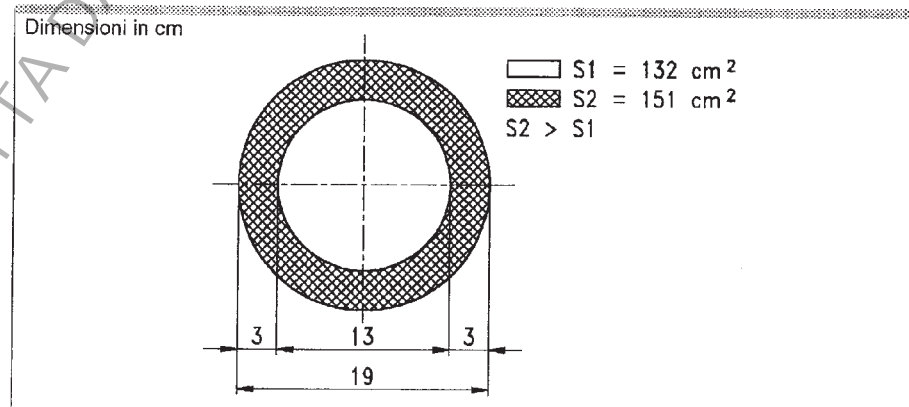
In ogni caso la sezione libera netta dell'intercapedine di ventilazione deve essere almeno equivalente a quella del condotto stesso.

a) **Condotto di sezione circolare, funzionante con pressione positiva, avente sezione di passaggio ≤ 100 cm^2, inserito in un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione quadrangolare o circolare.**
(Vedere esempi della figura 2).

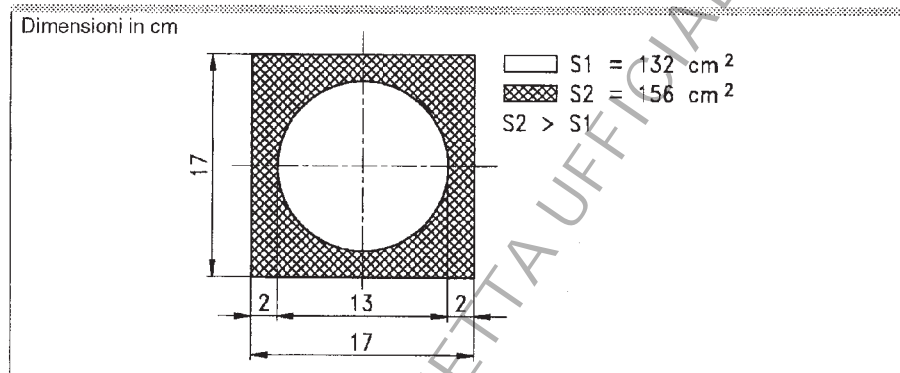
7) Vedere nota 3) di pagina 8.

figura 2 **Esempi di inserimento di condotti di sezione circolare, funzionanti con pressione positiva, aventi sezione di passaggio ≤ 100 cm², all'interno di un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione quadrangolare o circolare**

b) **Condotto di sezione circolare, funzionante con pressione positiva, avente sezione di passaggio > 100 cm², inserito in un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione circolare.**

La distanza tra la parete esterna del condotto e l'alloggiamento deve essere in ogni punto ≥ 3 cm. (Vedere esempio della figura 3).

figura 3 **Esempio di inserimento di condotto di sezione circolare, funzionante con pressione positiva, avente sezione di passaggio > 100 cm², all'interno di un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione circolare**

c) Condotto di sezione circolare, funzionante con pressione positiva, avente sezione di passaggio > 100 cm^2, inserito in un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione quadrangolare.

La distanza tra la parete esterna del condotto e l'alloggiamento deve essere in ogni punto ≥ 2 cm. (Vedere esempio della figura 4).

figura 4 **Esempio di inserimento di condotto di sezione circolare, funzionante con pressione positiva, avente sezione di passaggio > 100 cm^2, all'interno di un camino, canna fumaria o vano tecnico esistente di sezione quadrangolare**

La tenuta dei condotti, funzionanti con pressione positiva, deve essere verificata con le modalità operative di cui in 6.3 alla pressione di prova di 200 Pa. In tale condizione la perdita deve risultare non maggiore di:

- 0,12 $m^3 \cdot 10^{-3} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ nel caso di condotti inseriti in camini, canne fumarie o vani tecnici esistenti, esterni all'edificio e non addossati a locali abitati;
- 0,006 $m^3 \cdot 10^{-3} \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$ nel caso di condotti inseriti in camini, canne fumarie o vani tecnici esistenti, interni all'edificio o addossati a locali abitati.

La tenuta dei condotti funzionanti con pressione positiva, inseriti in vani situati all'interno degli edifici o addossati a locali abitati, deve essere controllata e documentata, secondo la periodicità stabilita dal costruttore e specificata nelle prescrizioni di uso e manutenzione.

7.4.4 Inserimento di più condotti nello stesso camino/canna fumaria/vano tecnico

È consentito realizzare sistemi multipli mediante l'inserimento di più condotti nello stesso camino, canna fumaria o vano tecnico esistente purché, oltre ai requisiti di cui in 7.4.1, 7.4.2 e 7.4.3, siano rispettate le condizioni seguenti:

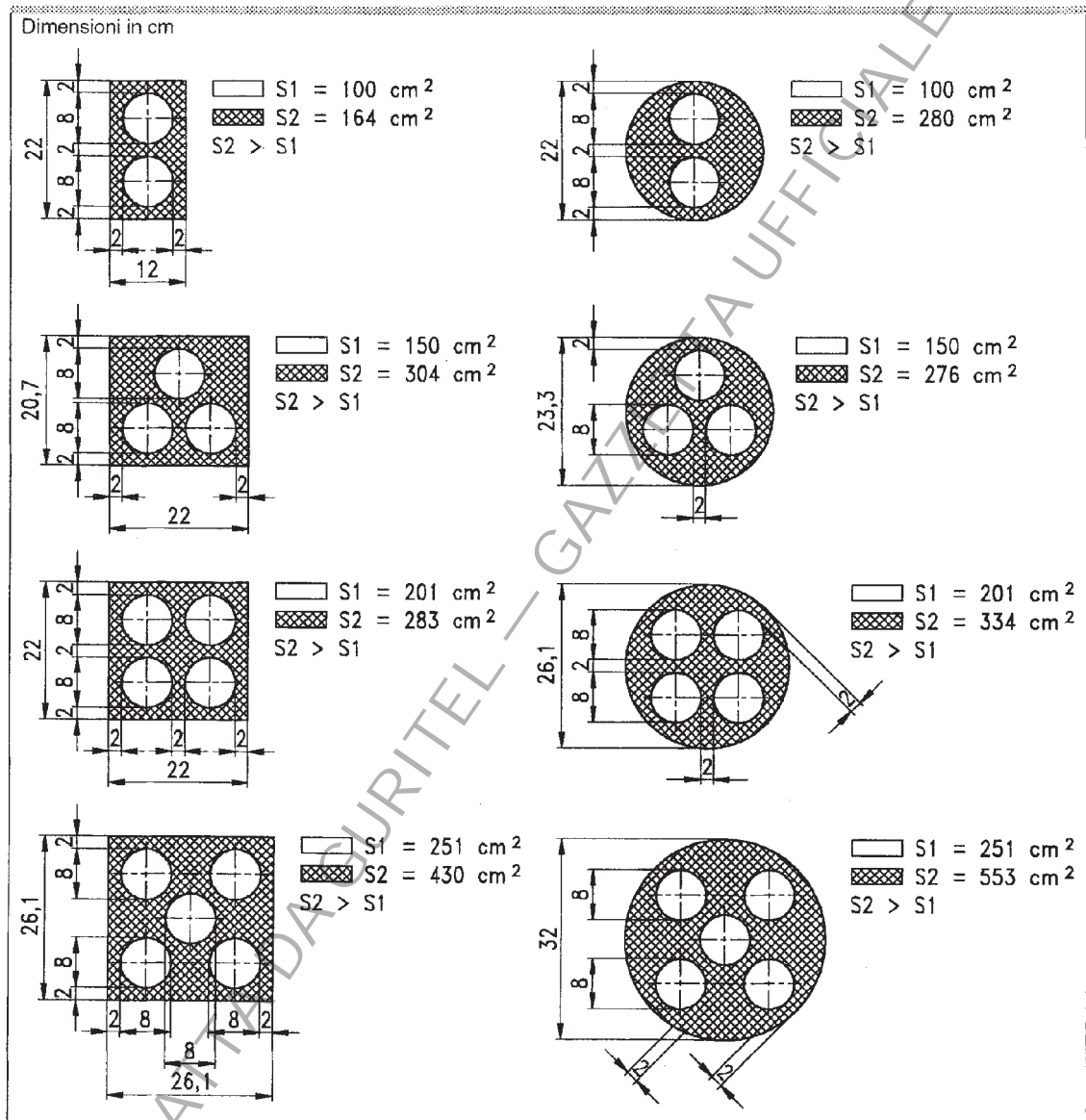
- tra la parete esterna di ciascun condotto e la parete interna del camino/canna fumaria, vano tecnico esistente, si deve mantenere una distanza non minore di 2 cm;
- tra la parete esterna di ciascun condotto e quella di ogni altro condotto si deve mantenere una distanza non minore di 2 cm.

Nel caso in cui si preveda l'intubamento di più condotti funzionanti con pressione positiva rispetto all'ambiente, la sezione libera netta dell'intercapedine di ventilazione deve essere almeno equivalente alla somma delle sezioni di tutti i condotti (vedere esempi della figura 5).

Nel caso di inserimento nello stesso camino, canna fumaria o vano tecnico esistente, di condotti che in condizioni di funzionamento stazionario presentano valori di pressione statica aventi segno diverso, devono essere adottate soluzioni che consentano la corretta evacuazione dei prodotti della combustione allo sbocco in atmosfera senza interferenze fluidodinamiche fra di loro.

Alla sommità del camino, canna fumaria o vano tecnico, i condotti intubati devono disporre di una targa, o altro sistema, che consenta l'identificazione dell'apparecchio allacciato; inoltre nel caso di presenza di condotti per l'adduzione dell'aria comburente e di scarico dei prodotti della combustione, i due servizi devono poter essere identificati sempre a mezzo di targa o altro sistema equivalente.

Nel caso di inserimento di più condotti nello steso camino, canna fumaria o vano tecnico, il progetto deve prevedere eventuali allacciamenti che potrebbero essere realizzati in un secondo tempo, al fine di predisporre accorgimenti tali da evitare danneggiamenti ai condotti già in opera durante le operazioni di intubamento.

figura 5 **Esempi di inserimento di più condotti di sezione circolare nello stesso camino, canna fumaria, vano tecnico esistente**

APPENDICE A MATERIALI E SPESSORI MINIMI DI PARETE DI CONDOTTI PER INTUBAMENTO
(informativa)

Spessori minimi per alcuni materiali utilizzabili per l'intubamento. Materiali e spessori diversi devono assicurare caratteristiche almeno equivalenti.

Materiale	Spessore minimo (mm)
Acciaio inox AISI 316L	0,4
Acciaio inox AISI 316Ti	0,4
Alluminio 99%	1,5
Refrattario	12

APPENDICE B (informativa) METODOLOGIE DI VERIFICA DEL TIRAGGIO ESISTENTE TRA LA SEZIONE DI USCITA DEI PRODOTTI DELLA COMBUSTIONE DA APPARECCHIO DI TIPO B A TIRAGGIO NATURALE E IL LOCALE DI INSTALLAZIONE DELL'APPARECCHIO MEDESIMO

B.1 Premessa

La presente appendice fornisce due diverse metodologie per la misurazione del tiraggio effettivo esistente tra la sezione di uscita dei prodotti della combustione da un apparecchio di tipo B a tiraggio naturale e il locale di installazione dell'apparecchio medesimo.

L'apparecchio si intende alimentato con gas naturale oppure con GPL e si intende funzionante ad una portata termica effettiva Q_c non maggiore della sua portata termica nominale massima Q_n e non minore della sua eventuale portata termica nominale ridotta Q_r (i valori di Q_n e di Q_r sono dichiarati dal costruttore e possono essere rilevati nel libretto di istruzione e/o sui dati di targa dell'apparecchio).

La verifica di corretto tiraggio, da effettuare se e solo se è accertata l'assenza totale di riflusso dei prodotti della combustione nel locale di installazione dell'apparecchio, consiste nel comparare il valore misurato del tiraggio del sistema nelle sue effettive condizioni di funzionamento con il valore di tiraggio minimo ammesso in corrispondenza della medesima condizione di funzionamento.

Più grande è il tiraggio effettivo rispetto al tiraggio minimo ammesso, più lontana è la condizione di funzionamento del sistema dalla condizione critica di potenziale riflusso dei prodotti della combustione nel locale di installazione dell'apparecchio.

Le due metodologie di seguito descritte propongono, rispettivamente, una misurazione diretta e una misurazione indiretta del tiraggio effettivo. I valori adottati per la comparazione tra tiraggio effettivo misurato e il tiraggio minimo ammesso sono da considerarsi puramente indicativi e non devono in nessun caso sostituire il giudizio complessivo dell'operatore sull'adeguatezza della funzionalità del sistema. A tale proposito si ricorda che il valore misurato del tiraggio effettivo dipende, oltre che dall'accuratezza e dall'incertezza strumentale della misurazione effettuata, anche dalle condizioni ambientali e di esercizio esistenti all'atto della misura stessa. Le variazioni della temperatura esterna, la presenza di vento, condizioni del sistema non del tutto a regime, il funzionamento singolo o simultaneo degli apparecchi inseriti in un sistema collettivo ramificato potrebbero, talvolta, determinare variazioni non trascurabili del dato misurato.

B.2 Metodologie di verifica del corretto tiraggio

B.2.1 Misurazione diretta del tiraggio effettivo

Il metodo consiste nella misura diretta del tiraggio effettivo esistente tra la sezione di uscita dei prodotti della combustione a valle dell'interruttore di tiraggio, da un apparecchio di tipo B a tiraggio naturale e il locale di installazione dell'apparecchio medesimo.

B.2.1.1 Esecuzione delle misure richieste

L'operatore, nelle condizioni di funzionamento del sistema di cui in 6.1.1.1 provvede ad eseguire la misurazione del tiraggio effettivo con l'ausilio di un deprimometro.

La sonda di campionamento deve essere inserita, immediatamente a valle dell'interruttore di tiraggio, in corrispondenza di un apposito foro nel condotto di evacuazione dei prodotti della combustione, ad una profondità tale da posizionare l'elemento sensibile in una zona molto prossima all'asse del condotto medesimo.

Il foro deve essere situato ad una distanza dalla sezione di uscita dell'apparecchio pari a due volte il diametro interno del condotto di evacuazione dei prodotti della combustione.

Se all'interno di questa distanza il condotto presenta una curva, il foro di ingresso della sonda deve essere situato ad una distanza dalla fine della curva pari a un diametro interno del condotto di evacuazione dei prodotti della combustione; qualora sul condotto sia già presente il foro previsto per la misurazione in opera del rendimento di combustione conforme alla UNI 10389, lo stesso foro può essere utilizzato anche per la misurazione diretta del tiraggio.

Se il collegamento tra l'apparecchio e il camino o canna fumaria, per l'assenza di tratti rettilinei o la loro eccessiva brevità, non consente il rispetto delle distanze sopra indicate, la sonda deve essere inserita a discrezione dell'operatore e comunque in posizione prossima all'interruttore di tiraggio.

Al termine della misurazione, l'operatore deve chiudere stabilmente il foro, in modo da garantire la tenuta del condotto di evacuazione dei prodotti della combustione durante il normale funzionamento dell'apparecchio.

Contestualmente alla misurazione del tiraggio, viene registrato il valore misurato della temperatura dell'ambiente esterno e si procede alla misurazione della portata termica effettiva di funzionamento dell'apparecchio nei modi descritti in B.2.2.1.

Si deve verificare che essa sia compresa tra i valori di portata termica nominale Q_n e, nel caso di apparecchio a portata termica variabile, di portata termica nominale ridotta Q_r, dichiarati dal costruttore.

B.2.1.2 **Caratteristiche degli strumenti**

Con riferimento agli strumenti di misura utilizzati, devono essere soddisfatte le prescrizioni generali seguenti:

a) prima di dare inizio ad una misurazione, l'operatore deve accertarsi che lo strumento utilizzato sia nelle idonee condizioni previste dal fabbricante e riportate nelle istruzioni per l'uso;

b) gli strumenti devono essere gestiti, tarati e verificati periodicamente, in conformità alle istruzioni fornite dal fabbricante, in modo da garantire la riferibilità della misura ai campioni nazionali del Sistema Nazionale di Taratura (SNT);

c) l'operatore deve effettuare le misurazioni seguendo, per ciascun strumento utilizzato, le istruzioni e le avvertenze riportate dal fabbricante sul libretto d'uso;

d) durante la lettura accertarsi che non vi siano variazioni significative della grandezza misurata.

Inoltre, devono risultare soddisfatte anche le prescrizioni seguenti:

lo strumento utilizzato per la misurazione della temperatura dell'ambiente esterno deve avere un campo di misura compreso tra - 20 °C e + 40 °C e una precisione, comprensiva dell'incertezza di lettura, almeno pari a ± 2 K.

Il campo di misura dello strumento utilizzato per la misurazione del tiraggio effettivo (deprimometro) deve comprendere i valori normalmente attesi a seguito di tale misura:

- per valori di tiraggio attesi > 10 Pa, il deprimometro deve avere le caratteristiche seguenti:

Campo di misura minimo	Risoluzione	Precisione
da + 100 Pa a - 100 Pa	1 Pa	± 3 Pa

- per valori di tiraggio attesi ≤ 10 Pa, il deprimometro deve avere le caratteristiche seguenti:

Campo di misura minimo	Risoluzione	Precisione
da + 10 Pa a - 10 Pa	0,1 Pa	± 0,5 Pa

B.2.1.3 **Verifica del corretto tiraggio**

Osservazioni sperimentali dimostrano che, in corrispondenza di un tiraggio effettivo intorno al valore di 1 Pa, diventa probabile l'eventualità che i prodotti della combustione rifluiscano o comincino a rifluire all'interno del locale di installazione dell'apparecchio di tipo B a tiraggio naturale.

Ai fini della verifica del corretto tiraggio di cui alla presente norma si ritiene che:

1) se il tiraggio effettivo misurato è non maggiore di 1 Pa, non è sufficientemente garantita la corretta evacuazione dei prodotti della combustione;

2) se il tiraggio effettivo misurato è maggiore o uguale di 3 Pa, la condizione di funzionamento del sistema dovrebbe essere sufficientemente lontana dalla condizione critica di potenziale riflusso dei prodotti della combustione nel locale di installazione dell'apparecchio osservato;
3) se il tiraggio effettivo misurato è maggiore di 1 Pa e minore di 3 Pa, è consigliabile procedere ad una verifica incrociata del corretto tiraggio, secondo la metodologia di misurazione indiretta riportata in B.2.2.

Il fatto che, a titolo puramente indicativo, vengano proposti più valori accettabili del tiraggio effettivo misurato, deriva dal fatto che lo stesso potrebbe variare sia al variare dell'incertezza di misura dello strumento adottato per la sua determinazione in esercizio, sia al variare di parametri fisici, quali la temperatura esterna, la direzione e la velocità del vento, la contemporaneità parziale o totale di funzionamento degli apparecchi inseriti in un sistema collettivo ramificato.

Qualora l'operatore ritenga che una variazione dei parametri che influenzano la misurazione del tiraggio effettivo possa avvicinare la condizione di funzionamento del sistema alla condizione critica di potenziale riflusso dei prodotti della combustione nel locale di installazione e, comunque, ogni qualvolta lo ritenga opportuno, la formulazione del giudizio sulla funzionalità del sistema si determina non solo sulla base della misurazione del tiraggio effettivo e della sua comparazione con il tiraggio minimo ammesso, ma anche sui seguenti fattori aggiuntivi:

a) verifica della corretta quota di sbocco, secondo la UNI 7129;
b) presenza o meno di comignoli antivento conformi, dal punto di vista funzionale, alla UNI 7129 e/o di terminali di scarico appositamente realizzati per stemperare gli effetti riconducibili all'azione anomala, sia per intensità che per direzione di venti, la cui presenza periodica è accertata nel territorio di installazione del sistema osservato;
c) presenza o meno, a bordo dell'apparecchio, di dispositivo di controllo dell'evacuazione dei prodotti della combustione installato all'origine o in conformità alle indicazioni del costruttore dell'apparecchio;
d) valutazione del valore del tiraggio misurato in funzione delle condizioni climatiche più gravose nelle quali l'impianto può trovarsi ad operare. Per esempio, in caso di temperature esterne minori di 20 °C, il valore del tiraggio effettivo misurato deve essere diminuito di 1 Pa per ogni 20 °C di temperatura in meno rispetto a 20 °C. Si ricorda a proposito che durante la rilevazione della temperatura esterna, il termometro deve essere posizionato in modo tale che la misura non sia influenzata da fattori estranei (fonti di calore in genere, raggi solari, ecc.);
e) ripetizione della misura con funzionamento simultaneo di tutti gli apparecchi nel caso di canne collettive ramificate;
f) ubicazione dell'apparecchio in ambiente abitato, oppure all'esterno, oppure in apposito vano tecnico ad accesso saltuario o controllato;
g) destinazione d'uso, volume e grado di ventilazione naturale del locale di installazione;
h) concentrazione di CO nei prodotti della combustione.

B.2.2 Misurazione indiretta del tiraggio effettivo

Il metodo si basa sull'esistenza di una correlazione tra i valori di CO_2 nei fumi secchi, prodotti dall'apparecchio di tipo B a tiraggio naturale e misurati immediatamente a valle dell'interruttore di tiraggio dell'apparecchio e i valori di tiraggio effettivo, e di tiraggio minimo ammesso, esistenti tra la sezione di uscita dei prodotti della combustione dell'apparecchio e il locale di installazione dello stesso.

B.2.2.1 Esecuzione delle misure richieste

L'operatore, nelle condizioni di funzionamento del sistema di cui in 6.1.1.1 della presente norma, provvede a:

a) misurare la temperatura dell'ambiente esterno t_e;
b) identificare il gas di alimentazione dell'apparecchio (Gas naturale, GPL, miscele GPL - aria, ecc.);

c) misurare la portata termica effettiva di funzionamento Q_c dell'apparecchio;
d) misurare la concentrazione percentuale di ossigeno o, in alternativa, di anidride carbonica nei fumi secchi, a valle dell'interruttore di tiraggio dell'apparecchio.

Il prelievo dei prodotti della combustione deve essere eseguito nei modi indicati in B.2.1.1 per la misurazione del tiraggio effettivo mediante metodo diretto.

B.2.2.2 Caratteristiche degli strumenti

Gli strumenti di misura utilizzati devono soddisfare le prescrizioni generali di cui in B.2.1.2 punti a), b), c) e d).

Lo strumento utilizzato per la misurazione della temperatura dell'ambiente esterno deve avere un campo di misura compreso tra - 20 °C e + 40 °C e una precisione, comprensiva dell'incertezza di lettura, almeno pari a ± 2 K.

Il campo di misura dello strumento utilizzato per la misurazione percentuale dell'ossigeno (Analizzatore di O_2) deve essere compreso tra 0% e 21% e la precisione, comprensiva dell'incertezza di lettura, deve essere almeno pari a ± 0,5%, riferita al valore misurato.

Il campo di misura dello strumento utilizzato per la misura percentuale dell'anidride carbonica (Analizzatore di CO_2) deve essere compreso tra 0% e 16% e la precisione, comprensiva dell'incertezza di lettura, deve essere almeno pari a ± 0,5%, riferita al valore misurato.

La portata termica effettiva di funzionamento Q_c può essere ottenuta:

- in modo indiretto, a partire dalla misura della pressione del gas nell'apposita presa immediatamente a monte del bruciatore atmosferico che, in presenza di adeguate informazioni contenute nel libretto di istruzioni, può essere correlata al valore della portata termica di funzionamento oggetto di rilevazione;
- in modo diretto, a partire dalla misura della portata gas al contatore, espressa in m^3/h, moltiplicata per il potere calorifico inferiore Hi del gas di alimentazione:

Gas naturale	Hi = 9,60 kWh/m^3, per ottenere la portata termica Q_c in kW
	(Hi = 8 250 kcal/m^3, per ottenere la portata termica Q_c in kcal/h)
GPL	Hi = 31,4 kWh/m^3, per ottenere la portata termica Q_c in kW
	(Hi = 27 000 kcal/m^3, per ottenere la portata termica Q_c in kcal/h)

Nota È necessario tenere presente che il GPL è una miscela di propano e butano le cui percentuali, nella miscela stessa, possono variare con conseguente variazione del potere calorifico inferiore Hi.

Si deve verificare che il valore misurato della portata termica effettiva di funzionamento Q_c sia compreso tra i valori di portata termica nominale Q_n e, nel caso di apparecchio a portata termica variabile, di portata termica nominale ridotta Q_r dichiarati dal costruttore.

Nel caso in cui sia stata effettuata la misurazione della concentrazione percentuale di ossigeno mediante apparecchiatura che non dispone della conversione immediata in anidride carbonica, il valore corrispondente di (CO_2) è dato dalla relazione seguente:

$(CO_2) = 11{,}7 - 0{,}557\ (O_2)_{Mis}$ % Gas naturale

$(CO_2) = 13{,}9 - 0{,}662\ (O_2)_{Mis}$ % GPL

B.2.2.3 Verifica indiretta del corretto tiraggio

Affinché la condizione di funzionamento del sistema in esercizio sia sufficientemente lontana dalla condizione critica di potenziale riflusso dei prodotti della combustione nel locale di installazione dell'apparecchio osservato, devono essere soddisfatte, a seconda del gas di alimentazione utilizzato, la relazione [1] o la relazione [2] riportate di seguito:

$$(CO_2)_{Mis} \leq F_s \frac{273 + t_e}{293} \frac{Q_c}{Q_n} (CO_2)_{Lim} \quad \text{Gas naturale} \quad [1]$$

$$(CO_2)_{Mis} \leq 1{,}168\ F_s \frac{273 + t_e}{293} \frac{Q_c}{Q_n} (CO_2)_{Lim} \quad \text{GPL} \quad [2]$$

dove:

$(CO_2)_{Lim}$ è il valore del contenuto percentuale di CO_2, a valle dell'interruttore di tiraggio, dichiarato dal costruttore a seguito di misure effettuate in laboratorio con apparecchio alimentato con gas naturale e funzionante alla portata termica nominale massima Q_n: a tale valore corrisponde, convenzionalmente, il valore di tiraggio minimo ammesso nelle condizioni operative di esercizio;

F_s è un fattore di sicurezza, indipendente dal gas di alimentazione e dalla portata termica di funzionamento dell'apparecchio, che si assume pari a 0,9;

t_e è il valore (in gradi Celsius) della temperatura dell'ambiente esterno misurata nel corso della misura del tiraggio effettivo.

Nel caso in cui non sia disponibile il valore di anidride carbonica nei fumi secchi $(CO_2)_{Lim}$ dichiarato dal costruttore (è il caso di apparecchi di non recente costruzione), l'operatore può utilizzare una delle due relazioni [1] o [2], a seconda del gas di alimentazione utilizzato. A titolo puramente indicativo, sulla base di esperienze pregresse, un valore di $(CO_2)_{Lim}$ da inserire in entrambe le relazioni è pari a 6,0%.

Nota Per misurazione della $(CO_2)_{Lim}$ in laboratorio si intende la misurazione della CO_2 nei fumi secchi eseguita in sede di caratterizzazione dell'apparecchio secondo la normativa di prodotto applicabile, con temperatura ambiente pari a 293 K e con apparecchio funzionante in condizioni di combustione normale, ovvero funzionante in assenza di perturbazioni artificiali del deflusso normale dei prodotti della combustione verso l'esterno (camino ostruito, vento discendente).

APPENDICE C (informativa) ESEMPIO DI RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DEI LAVORI E/O CONTROLLI EFFETTUATI

Nota La presente documentazione intende fornire agli operatori un esempio di relazione tecnica da utilizzare nell'esecuzione delle opere e dei controlli previsti dalla norma. Nei casi previsti dalla legislazione vigente può accompagnare la dichiarazione di conformità dell'impianto gas o indicare semplicemente le verifiche eseguite e gli esiti riscontrati. Allo scopo di semplificarne l'utilizzo è suddivisa in moduli che possono essere complementari tra di loro.
Per esempio si potranno utilizzare i moduli a) + b) + c) nei casi di risanamento, ristrutturazione ed intubamento, mentre nei casi in cui si debba soltanto eseguire delle verifiche del sistema potranno essere impiegati i moduli a) + c).

C.1 Dati identificativi di carattere generale

Modulo a)

Generalità dell'impresa/operatore che ha eseguito l'intervento

Il sottoscritto ....

Titolare o legale rappresentante dell'impresa (ragione sociale) ....

Operante nel settore (di cui alla L. 46/90 - art. 1, comma 1, lettera e) con sede in ....

Via ....

N° .... Comune .... (prov.) .... tel. ....

P. IVA .... C.F. ....

☐ iscritta nel registro delle imprese (art. 8 Legge 580/1993) ....
della Camera C.C.I.A. di ....

ovvero

☐ iscritta all'albo provinciale delle imprese artigiane (Legge 08/08/85 n° 443)
di .... n° ....

ovvero

☐ iscritto all'albo professionale degli/dei ....
di .... al n° ....

Generalità del committente e ubicazione dell'intervento

☐ intervento commissionato da (nome, cognome, ragione sociale) ....
indirizzo (via, n° civico, comune, provincia, tel.) ....
....

☐ eseguito presso l'edificio in (via, n° civico, comune, provincia) ....
....
scala .... piano .... interno ....

☐ di proprietà di (nome, cognome, ragione sociale) ....

☐ destinazione dell'edificio (residenziale, uffici, altri usi) ....

Caratteristiche dell'apparecchio raccordato al sistema di evacuazione fumi

Apparecchio/i (n°, descrizione, tipo, marca, modello, dati di targa) ....

☐ riscaldamento ....

☐ acqua calda sanitaria ....

☐ combinato (riscaldamento + acqua calda sanitaria) ....

Altri apparecchi utilizzatori, non raccordati al sistema di evacuazione fumi oggetto dell'intervento o dispositivi presenti nell'impianto che possono influenzare il corretto funzionamento del sistema

☐ riscaldamento ....

☐ acqua calda sanitaria ....

☐ combinati (riscaldamento + acqua calda sanitaria) ....

☐ caminetti ....

☐ elettroventilatori /cappe aspiranti ....

☐ altro ....

Caratteristiche del sistema di evacuazione fumi oggetto dell'intervento (descrizione, diametro, lato, sezione, altezza efficace)

☐ camino singolo ....

☐ canna collettiva ....

☐ canna collettiva ramificata ....

☐ condotto intubato ....

C.2 Relazione tecnica sostitutiva del progetto

Modulo b)

Intervento effettuato

- ☐ **adeguamento di sistema;**
- ☐ **risanamento/ristrutturazione/intubamento di sistema asservito ad apparecchio di portata termica nominale non maggiore di 35 kW, non facente parte di sistemi multipli o collettivi.**

Descrizione dell'intervento eseguito

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Elenco e descrizione dei materiali, componenti, accessori e dispositivi installati e relativa documentazione di conformità forniti dal costruttore

....

....

....

....

....

....

....

....

....

Note

....

....

....

....

....

data: ....

Firma del committente (per ricevuta) Timbro e firma dell'impresa/operatore

....

C.3 Relazione tecnica dei controlli effettuati in conformità alla UNI 10845

Modulo c)

Controlli effettuati
- ☐ **verifica di funzionalità;**
- ☐ **verifica di idoneità.**

Motivazioni della verifica di funzionalità
- ☐ modifiche e/o ampliamento dell'impianto gas
- ☐ sostituzione di apparecchio con apparecchio similare
- ☐ riscontro di anomalia sul sistema
- ☐ altro ....

Motivazione della verifica di idoneità
- ☐ eventi accidentali
- ☐ interventi di tipo edilizio sul sistema di evacuazione fumi
- ☐ sostituzione di combustibili solidi/liquidi con combustibile gassoso
- ☐ sostituzione di apparecchi con apparecchi di tipo diverso e/o non similari
- ☐ sistema non funzionale e non adeguabile
- ☐ specifica richiesta dal cliente
- ☐ altro ....

Risultati della verifica di funzionalità

sezione della/e apertura/e di ventilazione (per apparecchi di tipo B)	☐ positiva	☐ negativa
modalità di raccordo con il camino	☐ positiva	☐ negativa
assenza di riflusso in ambiente	☐ positiva	☐ negativa
presenza di adeguata depressione (per apparecchi di tipo B_{11})	☐ positiva	☐ negativa

Risultati della verifica di idoneità

verifica della funzionalità (secondo quanto sopra)	☐ positiva	☐ negativa
verifica delle caratteristiche strutturali	☐ positiva	☐ negativa
verifica della tenuta (ove richiesto)	☐ positiva	☐ negativa

A seguito dell'/degli intervento/i e/o della/e verifica/che effettuata/e il sistema risulta essere

☐ **funzionale** ☐ **non funzionale**

☐ **idoneo** ☐ **non idoneo**

note ....

....

....

data: ....

Firma del committente (per ricevuta) Timbro e firma dell'operatore

....

PUNTI DI INFORMAZIONE E DIFFUSIONE UNI

Milano (sede)	Via Battistotti Sassi, 11B - 20133 Milano - Tel. 0270024200 - Fax 0270105992 Internet: www.unicei.it - Email: diffusione@uni.unicei.it
Roma	Via delle Colonnelle, 18 - 00186 Roma - Tel. 0669923074 - Fax 066991604 Email: uni.roma@uni1.inet.it
Ancona	c/o SO.GE.S.I. Via Filonzi - 60131 Ancona - Tel. 0712900240 - Fax 0712866831
Bari	c/o Tecnopolis CSATA Novus Ortus Strada Provinciale Casamassima - 70010 Valenzano (BA) - Tel. 0804670301 - Fax 0804670553
Bologna	c/o CERMET Via A. Moro, 22 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) - Tel. 0516250260 - Fax 0516257650
Brescia	c/o AQM Via Lithos, 53 - 25086 Rezzato (BS) - Tel. 0302590656 - Fax 0302590659
Cagliari	c/o Centro Servizi Promozionali per le Imprese Viale Diaz, 221 - 09126 Cagliari - Tel. 070349961 - Fax 07034996306
Catania	c/o C.F.T. SICILIA Piazza Buonarroti, 22 - 95126 Catania - Tel. 095445977 - Fax 095446707
Firenze	c/o Associazione Industriali Provincia di Firenze Via Valfonda, 9 - 50123 Firenze - Tel. 0552707206 - Fax 0552707204
Genova	c/o CLP Centro Ligure per la Produttività Via Garibaldi, 6 - 16124 Genova - Tel. 0102476389 - Fax 0102704436
La Spezia	c/o La Spezia Euroinformazione, Promozione e Sviluppo Piazza Europa, 16 - 19124 La Spezia - Tel. 0187728225 - Fax 0187777961
Napoli	c/o Consorzio Napoli Ricerche Corso Meridionale, 58 - 80143 Napoli - Tel. 0815537106 - Fax 0815537112
Pescara	c/o Azienda Speciale Innovazione Promozione ASIP Via Conte di Ruvo, 2 - 65127 Pescara - Tel. 08561207 - Fax 08561487
Reggio Calabria	c/o IN.FORM.A. Azienda Speciale della Camera di Commercio Via T. Campanella, 12 - 89125 Reggio Calabria - Tel. 096527769 - Fax 0965332373
Torino	c/o Centro Estero Camere Commercio Piemontesi Via Ventimiglia, 165 - 10127 Torino - Tel. 0116700511 - Fax 0116965456
Treviso	c/o Treviso Tecnologia Via Roma, 4/D - 31020 Lancenigo di Villorba (TV) - Tel. 0422608858 - Fax 0422608866
Udine	c/o CATAS Via Antica, 14 - 33048 San Giovanni al Natisone (UD) - Tel. 0432747211 - Fax 0432747250
Vicenza	c/o TECNOIMPRESA I.P.I. S.r.l. Piazza Castello, 2/A - 36100 Vicenza - Tel. 0444232794 - Fax 0444545573

NORMA ITALIANA

Gruppi di misura con contatori a pareti deformabili
Prescrizioni di installazione

UNI 9036

Seconda edizione
DICEMBRE 2001

Diaphragm gas meters
Installation requirements

CLASSIFICAZIONE ICS	17.120.10; 75.200; 91.140.40
SOMMARIO	La norma stabilisce le prescrizioni per l'installazione dei gruppi misura, corredati di contatori volumetrici a pareti deformabili, destinati alla misura dei gas distribuiti per canalizzazione. Essa si applica ai gruppi di misura con pressione massima di esercizio, rilevata immediatamente a monte del gruppo stesso, non maggiore di 4 kPa (40 mbar) per gas della prima e seconda famiglia e non maggiore di 7 kPa (70 mbar) per i gas della terza famiglia.
RELAZIONI NAZIONALI	La presente norma sostituisce la UNI 9036:1986.
RELAZIONI INTERNAZIONALI	
ORGANO COMPETENTE	CIG - Comitato Italiano Gas
RATIFICA	Presidente dell'UNI, delibera dell'11 ottobre 2001

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata dal CIG, ente federato all'UNI.

La Commissione Centrale Tecnica ha dato la sua approvazione il 23 novembre 2000.

Rispetto all'edizione precedente, la presente norma è stata oggetto di aggiornamenti limitatamente ai punti sottoelencati, al fine di allinearne i contenuti alle evoluzioni della tecnologia ed agli attuali criteri di realizzazione delle installazioni gas.

Le varianti introdotte hanno interessato il titolo, lo scopo e campo di applicazione della norma, il nuovo punto 2 e gli attuali punti 4.1, 4.2.3 e relativo prospetto, 5.1.2, 5.1.3, 5.2, 5.3, 5.3.1 e 5.3.2.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione, per l'eventuale revisione della norma stessa.

INDICE

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma stabilisce le prescrizioni per l'installazione dei gruppi di misura, corredati di contatori volumetrici a pareti deformabili, destinati alla misura dei gas distribuiti per canalizzazione.

Essa si applica ai gruppi di misura con pressione massima di esercizio, rilevata immediatamente a monte del gruppo stesso, non maggiore di 4 kPa (40 mbar) per gas della prima e seconda famiglia e non maggiore di 7 kPa (70 mbar) per i gas della terza famiglia.

I gas considerati nella presente norma sono suddivisi, in funzione dell'indice di Wobbe superiore (W_s), nelle tre famiglie seguenti:

prima famiglia:	gas manifatturato e miscele di gas naturale/aria e GPL/aria con W_s compreso fra 22,4 MJ/m^3 e 24,8 MJ/m^3;
seconda famiglia:	gas naturale (gruppo H) e miscele di GPL/aria, intercambiabili con il gas naturale, con W_s compreso fra 39,1 MJ/m^3 e 54,7 MJ/m^3;
terza famiglia:	gas di petrolio liquefatti (GPL) con W_s compreso fra 72,9 MJ/m^3 e 87,3 MJ/m^3.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI 7129	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione
UNI 7987	Contatori di gas - Termini e definizioni
UNI 7988	Contatori di gas - Prescrizioni di sicurezza e metrologiche
UNI 9034	Condotte di distribuzione del gas con pressioni massime di esercizio ≤ 5 bar - Materiali e sistemi di giunzione
UNI 9177	Classificazione di reazione al fuoco dei materiali combustibili
UNI 9860	Impianti di derivazione di utenza del gas - Progettazione, costruzione e collaudo
UNI EN 1359	Misuratori di gas - Misuratori di gas a membrana

3 TERMINI E DEFINIZIONI

3.1 **gruppo di misura**: Parte dell'impianto di alimentazione dell'utente che serve per l'intercettazione, per la misura del gas e per il collegamento all'impianto interno.

3.2 **contatore**: Strumento di misura del volume di gas a pareti deformabili munito di totalizzatore numerico.

3.3 **impianto interno**: Complesso delle tubazioni ed accessori che distribuiscono il gas dal gruppo di misura (questo escluso) agli apparecchi utilizzatori. Le prescrizioni relative sono indicate nella UNI 7129.

3.4 **organo di intercettazione**: Dispositivo ad azionamento manuale, collocato immediatamente a monte del contatore, allo scopo di consentire l'interruzione del flusso del gas.

3.5 **supporto**: Elemento che serve a sostenere il contatore mantenendolo ad una corretta distanza dal muro e dal suolo.

3.6 **giunto elastico**: Elemento flessibile che serve ad assorbire le eventuali sollecitazioni trasmesse dall'impianto interno al contatore.

3.7 **by-pass**: Tratto di tubazione che collega direttamente le parti di impianto a monte e a valle del contatore.

3.8 **nicchia**: Alloggiamento per l'installazione del gruppo di misura, ricavato nella muratura, con pareti intonacate e corredato di sportello di chiusura.

3.9 **armadio**: Contenitore chiuso da uno sportello, atto a contenere il gruppo di misura.

3.10 **batteria**: Raggruppamento di due o più gruppi di misura.

3.11 **vano tecnico**: Condotto verticale, ricavato in parti comuni dell'edificio, con andamento rettilineo e sezione costante per tutta l'altezza del fabbricato.

4 ELEMENTI COSTITUTIVI DEL GRUPPO DI MISURA

Gli elementi costitutivi del gruppo di misura si distinguono in componenti essenziali alla corretta funzionalità ed installazione e componenti accessori di corredo al gruppo, in funzione della tipologia delle installazioni.

4.1 Elementi essenziali

Sono considerati elementi essenziali:

4.1.1 **l'organo di intercettazione** deve avere caratteristiche costruttive e funzionali conformi alla UNI 9034. Il rubinetto deve consentire una facile manovra e manutenzione e deve inoltre consentire la rilevazione immediata delle posizioni di apertura e chiusura. Deve essere predisposto per l'applicazione dei sigilli contro le manomissioni e, se del caso, dotato di possibilità di blocco in posizione di chiusura (vedere 5.3.2);

4.1.2 **il contatore** che deve avere caratteristiche costruttive e funzionali rispondenti alle prescrizioni delle UNI 7987, UNI 7988 e UNI EN 1359;

4.1.3 **il supporto** che deve essere costituito da un elemento atto a mantenere, direttamente o indirettamente, il contatore in posizione sospesa.

In alternativa, in relazione alle dimensioni ed al peso proprio del contatore, il supporto può essere costituito da un sistema di appoggio tale che, oltre a mantenere il contatore nella corretta posizione prescritta, assicuri tra il piano di appoggio ed il fondo del contatore stesso, un adeguato spazio libero per evitare possibili corrosioni.

4.2 Elementi accessori

Sono considerati elementi accessori e come tali utilizzabili in relazione alle esigenze derivanti dal tipo di installazione:

4.2.1 **il giunto elastico**, che può essere costituito da un tubo flessibile di acciaio inossidabile e da altro elemento idoneo, corredato di raccordi adatti al collegamento tra il gruppo di misura e l'impianto interno e comunque deve essere atto ad assorbire le eventuali sollecitazioni trasmesse dall'impianto interno al contatore;

4.2.2 **il by-pass** che può essere realizzato sul gruppo di misura, nel caso di alimentazione di impianti di utilizzazione funzionanti a ciclo continuo, per assicurare la continuità dell'erogazione nel caso di interventi di manutenzione sul contatore;

4.2.3 **l'alloggiamento** del gruppo di misura, che può essere costituito da una nicchia con sportello o da un armadio, aventi classe di reazione al fuoco (UNI 9177) non maggiore di 1 e dimensioni tali da agevolare le operazioni e gli interventi che si effettuano sul gruppo stesso.

Nel prospetto seguente sono indicate, a titolo orientativo, le dimensioni interne minime in presenza del solo gruppo di misura, degli alloggiamenti per i contatori delle classi sottoriportate.

prospetto **Dimensioni interne minime dell'alloggiamento**

Classe dei contatori	Dimensioni minime dell'alloggiamento cm		
	Altezza	Larghezza	Profondità
G1,6 a G4*)	45	30	20
G1,6 a G6**)	70	40	25
G10 a G25	100	70	60
G40 a G65	130	100	60

*) Per contatori con interasse (entrata/uscita) 110 mm.
**) Per contatori con interasse (entrata/uscita) 250 mm.

5 CRITERI DI INSTALLAZIONE

5.1 Posizionamento

Il gruppo di misura deve essere:

5.1.1 facilmente accessibile al fine di agevolare:
- le operazioni di installazione e/o di rimozione;
- la manovra dell'organo di intercettazione;
- la lettura del totalizzatore numerico;
- gli interventi di manutenzione;

5.1.2 collocato in ambiente asciutto, sufficientemente lontano da sorgenti di calore o fiamme libere (vedere inoltre le prescrizioni di cui in 5.3);

5.1.3 protetto dall'azione diretta degli agenti atmosferici e da possibili danneggiamenti di origine meccanica.
Nel caso di impianti che distribuiscono gas con densità, riferita all'aria, maggiore di 0,8 è vietato il posizionamento di gruppi di misura in locali o manufatti con pavimento ad una quota inferiore al piano di campagna.

5.2 Modalità di installazione

Il gruppo di misura deve essere installato in modo che il contatore si trovi:
- con il dispositivo indicatore in posizione orizzontale;
- non a contatto del muro;
- in posizione sopraelevata rispetto al pavimento.

Inoltre deve essere installato nel rispetto delle prescrizioni di legge vigenti in materia[1].
Comunque la distanza da componenti elettrici deve essere non minore di 0,20 m.
Durante l'installazione devono essere evitate sollecitazioni meccaniche sugli attacchi di entrata ed uscita del contatore, derivanti dalla diramazione di utenza e/o dall'impianto interno.

Nota Un giunto elastico collocato nel punto di collegamento con l'impianto interno può soddisfare tale esigenza.

All'interno dell'alloggiamento del gruppo di misura può essere inoltre installato:
- un gruppo di riduzione di utenza secondo le disposizioni della UNI 9860;
- un regolatore con funzione di stabilizzatore della pressione.

1) Alla data di pubblicazione della presente norma, è in vigore la legge 1° marzo 1968, n° 186, "Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici".

5.3 **Tipologia delle installazioni**

Si distinguono due tipi di installazione e precisamente:

- installazione singola (5.3.1);
- installazione in batteria (5.3.2).

5.3.1 **Installazione singola**

Nell'installazione singola il gruppo di misura viene installato in corrispondenza delle utenze da alimentare.

5.3.1.1 Installazione singola esterna in cui il gruppo di misura viene installato nelle immediate adiacenze dei locali da servire, all'esterno dei muri perimetrali ed a questi addossato

Nel caso di edifici muniti di recinzione è ammesso installare il gruppo di misura in corrispondenza della recinzione stessa. In questa installazione la tubazione costituente l'impianto interno deve essere corredata di organo di intercettazione, posto all'interno del locale da servire e immediatamente a ridosso del muro perimetrale attraversato dalla condotta di alimentazione.

In ogni caso, il gruppo di misura deve essere protetto mediante installazione in nicchia o armadietto corredati di sportello munito di aperture di aerazione.

Nei casi in cui il gruppo di misura potesse risultare accessibile ad estranei, per evitare il verificarsi di manovre errate, si deve fare in modo che la possibilità di manovra del rubinetto di intercettazione sia limitata unicamente all'utente interessato.

5.3.1.2 Installazione singola interna in cui il gruppo di misura è installato all'interno dei locali

La soluzione può essere adottata qualora non sia possibile l'installazione all'esterno.

In tal caso è buona regola installare il gruppo di misura immediatamente a ridosso del muro perimetrale attraversato dalla condotta di alimentazione.

È vietata l'installazione di gruppi di misura:

a) nei locali in cui non sia possibile realizzare una ventilazione naturale;
b) nei locali adibiti a camere da letto;
c) nei locali destinati a servizi igienici;
d) al disotto di lavabi o lavandini;
e) al disopra di apparecchi di utilizzazione a fiamma libera;
f) negli ambienti in cui possono formarsi atmosfere con potenziale capacità di provocare corrosioni;
g) nelle autorimesse[2)];
h) nei depositi di combustibile o materiale infiammabile[3)].

È consentita l'installazione all'interno dei locali di cui in a), b) e c), di misuratori di classe non superiore a G4 a condizione che il gruppo di misura sia installato in nicchia corredata di sportello a tenuta di gas e nella parte di fondo della nicchia siano ricavate, in alto e in basso, aperture di aerazione permanente verso l'esterno con sezione totale non minore di 100 cm^2.

Nel caso di impianto di utilizzazione con portata termica maggiore di 35 kW (~ 30 000 kcal/h), qualora non sia possibile installare il gruppo di misura all'esterno dello stabile, ne è consentita l'installazione:

a) in ambiente aerato e separato dal locale di utilizzazione del gas;
b) per i gas aventi densità, riferita all'aria, minore di 0,8 anche in apposito manufatto di muratura, rispondente alla normativa antincendio, costruito all'interno del locale di utilizzazione del gas in adiacenza a parete attestata su spazi scoperti. Tale manufatto deve essere aerato direttamente dall'esterno tramite canali di aerazione; il misuratore può essere accessibile dall'interno per il solo personale dell'azienda erogatrice del gas, tramite sportello a tenuta di gas.

2) Sull'argomento, alla data di pubblicazione della presente norma, è in vigore il Decreto del Ministero dell'Interno 1 febbraio 1986 "Norme di sicurezza antincendi per la costruzione e l'esercizio di autorimesse e simili" e successive circolari.

3) Sull'argomento, alla data di pubblicazione della presente norma, è in vigore il Decreto del Ministero dell'Interno 31 luglio 1934 "Oli minerali e carburanti".

5.3.2 Installazione in batteria

Nel caso di installazione di gruppi di misura in batteria, devono essere osservate le precauzioni seguenti:

a) la tubazione di alimentazione della batteria deve essere munita di rubinetto di intercettazione generale;

b) i vari contatori devono essere facilmente e sicuramente individuabili da ogni singolo utente;

c) la possibilità di manovra dei rubinetti di intercettazione deve essere limitata unicamente all'utente interessato, in modo da evitare il verificarsi di manovre errate (per esempio utilizzando un armadietto per ogni singolo utente); in alternativa, può essere prevista l'adozione di organi di intercettazione che in caso di manovra di chiusura restino bloccati in tale posizione.

L'installazione in batteria si distingue in esterna ed interna all'edificio.

5.3.2.1 Installazione esterna all'edificio: in questo caso i gruppi di misura devono essere protetti da apposito alloggiamento (armadio o nicchia), singolo per gruppo di misura o unico per batteria.

5.3.2.2 Installazione interna all'edificio: in questo caso, nell'edificio viene ricavato un manufatto con sportello a tenuta di gas o apposito locale destinato unicamente a tale scopo.

Ferme restando le precauzioni di cui in 5.3.2, la tubazione di alimentazione della batteria deve essere intercettabile dall'esterno del locale o manufatto interessato ed il locale o manufatto deve garantire l'aerazione naturale permanente verso l'esterno dell'edificio, tramite aperture con sezioni pari almeno a 1/50 della superficie in pianta del locale o manufatto stesso.

Per i gas con densità relativa minore di 0,8, l'apertura di aerazione deve essere realizzata sia nella parte alta sia nella parte bassa (50% e 50%).

Per gas con densità relativa maggiore di 0,8, l'apertura di aerazione deve essere realizzata sia nella parte bassa sia nella parte alta (rispettivamente 80% e 20%).

5.3.3 Installazione in vano tecnico

Il vano tecnico deve essere destinato unicamente all'installazione dei gruppi di misura ed avere dimensioni adeguate a contenerli unitamente alla colonna montante e alle derivazioni di utenza.

Per quanto riguarda le caratteristiche costruttive, deve:

- avere pareti che impediscano la possibilità di infiltrazioni di gas;
- essere munito di porta cieca in corrispondenza di ogni piano;
- essere corredato di sistema di ventilazione con sfiato a camino e aspirazione dell'aria attraverso opportuno condotto sfociante all'esterno dell'edificio ad una quota superiore al piano di campagna.

  La presa di aria deve essere provvista di rete tagliafiamma. La circolazione dell'aria tra i diversi piani del vano tecnico deve essere assicurata da un foro di passaggio, praticato in corrispondenza dell'intersezione con ciascun solaio.

  In alternativa, nel caso di gas con densità riferita all'aria minore di 0,8 è possibile assicurare la ventilazione del vano tecnico, separatamente per ogni piano, tramite scarichi individuali a camino ed aspirazione dell'aria attraverso un'apertura di passaggio praticata nella parte inferiore della porta e corredata di rete tagliafiamma.

I gruppi di misura devono essere installati all'interno del vano tecnico con l'osservanza delle precauzioni indicate in 5.3.2.

NORMA ITALIANA	**Canne fumarie collettive ramificate per apparecchi di tipo B a tiraggio naturale** **Progettazione e verifica**	**UNI 10640** GIUGNO 1997

Shunt type flue ducts for natural draught type B appliances
Design and checking

DESCRITTORI	Canna fumaria collettiva ramificata, camino, comignolo, progettazione, calcolo, verifica
CLASSIFICAZIONE ICS	91.060.40
SOMMARIO	La norma fissa i criteri per la progettazione e verifica delle dimensioni interne delle canne fumarie collettive ramificate per l'evacuazione dei prodotti della combustione di apparecchi di tipo B a tiraggio naturale.
RELAZIONI NAZIONALI	
RELAZIONI INTERNAZIONALI	
ORGANO COMPETENTE	CIG - Comitato Italiano Gas
RATIFICA	Presidente dell'UNI, delibera del 21 maggio 1997
RICONFERMA	

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata dal CIG (Comitato Italiano Gas - viale Brenta 27, 20139 Milano), ente federato all'UNI, nell'ambito della propria Commissione B5 "Impiantistica da utilizzare", ed è stata approvata per la sua presentazione alla Commissione Centrale Tecnica dell'UNI il 27 ottobre 1995.

È stata quindi esaminata ed approvata dalla Commissione Centrale Tecnica, per la pubblicazione come norma raccomandata, il 7 novembre 1996.

INDICE

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma prescrive i criteri per la progettazione e la verifica delle dimensioni interne delle canne fumarie collettive ramificate (CCR) di nuova installazione per l'evacuazione dei prodotti della combustione di più apparecchi a gas di tipo B sovrapposti, a tiraggio naturale, con interruttore di tiraggio, aventi portata termica nominale del focolare non maggiore di 35 kW.

Questo tipo di canna fumaria non si applica nel caso in cui le caldaie siano dotate di dispositivi meccanici per l'estrazione dei fumi.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI 7128	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Termini e definizioni
UNI 7129	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione
UNI 7131	Impianti a gas di petrolio liquefatto per uso domestico non alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione
UNI 9615-1	Calcolo delle dimensioni interne dei camini - Definizioni, procedimenti di calcolo fondamentali
UNI 9731	Camini - Classificazione in base alla resistenza termica - Misure e prove

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma valgono le definizioni riportate di seguito; per quanto riguarda le definizioni di carattere generale, inerenti l'argomento, si rimanda alle UNI 7128 e UNI 7129.

3.1 **altezza del tratto terminale**: Distanza verticale tra l'immissione dell'ultimo secondario nel primario e la bocca della canna collettiva ramificata (vedere figura 1).

3.2 **aria parassita**: Portata di aria, che non partecipa alla combustione, aspirata attraverso l'interruttore di tiraggio nel canale da fumo.

3.3 **bocca della canna collettiva ramificata**: Sezione di sbocco dei fumi nel comignolo.

3.4 **canale da fumo**: Condotto di raccordo posto tra l'uscita dei fumi dall'apparecchio e la canna collettiva ramificata.

3.5 **canna fumaria collettiva ramificata (CCR)**: Condotto asservito a più apparecchi installati su più piani di un edificio, realizzata solitamente con elementi prefabbricati che, per giusta sovrapposizione e giunzione, determinano una serie di canne singole (secondari), ciascuna dell'altezza di un piano, e un collettore (primario) nel quale defluiscono i prodotti della combustione provenienti dai secondari a mezzo di un elemento speciale che svolge la funzione di deviatore.

3.6 **carico termico di un apparecchio**: Rapporto tra la portata termica di funzionamento e la portata termica nominale.

3.7 **comignolo (aspiratore statico)**: Dispositivo posto alla bocca della CCR che deve permettere la dispersione dei prodotti della combustione nell'atmosfera.

3.8 **condensa**: Prodotto liquido che si forma quando la temperatura dei fumi in qualche punto della CCR risulta minore del punto di rugiada.

3.9 **diametro idraulico (diametro equivalente)**: Diametro del cerchio avente lo stesso rapporto tra l'area e il perimetro della sezione considerata.

3.10 **eccesso d'aria**: Differenza, in per cento, tra la quantità di aria introdotta nella camera di combustione e l'aria stechiometrica necessaria al combustibile.

3.11 **funzionamento a secco**: Condizioni in cui la temperatura della superficie della parete interna della CCR allo sbocco, nel funzionamento stazionario, è maggiore del punto di rugiada.

3.12 **funzionamento a umido**: Condizioni in cui la temperatura della superficie della parete interna della CCR allo sbocco, nel funzionamento stazionario, è minore del punto di rugiada dei fumi, ma maggiore del punto di congelamento.

3.13 **parete interna**: Parete della CCR in contatto con i fumi.

3.14 **perdite di carico nell'apparecchio (tiraggio necessario per l'apparecchio)**: Differenza di pressione tra la pressione statica dell'aria nel luogo di installazione dell'apparecchio e la pressione statica dei fumi nel condotto di scarico immediatamente a valle dell'interruttore di tiraggio, necessaria per il funzionamento normale dell'apparecchio stesso.

3.15 **perdite di carico per l'ingresso dell'aria (tiraggio necessario per l'aria)**: Differenza tra le pressioni statiche dell'aria esterna ed interna nel luogo di installazione dell'apparecchio.

3.16 **portata di gas combustibile (consumo)**: Volume di gas secco transitato o consumato nell'unità di tempo.

3.17 **portata massica dei fumi**: Massa dei fumi da scaricare nell'unità di tempo.

3.18 **portata termica nominale (potenza termica nominale del focolare)**: Valore della portata termica indicata dal costruttore dell'apparecchio.

3.19 **potenza termica utile**: Portata termica diminuita del calore perso al camino.

3.20 **pressione effettiva (tiraggio effettivo)**: Differenza di pressione alla medesima quota tra esterno ed interno della CCR. È determinata dalla pressione statica in un punto diminuita della variazione di pressione per resistenze al moto nel camino a valle di quel punto.

3.21 **pressione statica (tiraggio statico)**: Differenza di pressione che si genera in condizioni statiche a causa della differenza di massa volumica tra due colonne, rispettivamente di aria esterna e di fumi, aventi la stessa altezza.

3.22 **prodotti della combustione**: Insieme dei prodotti della combustione di un gas e dell'aria comburente in eccesso.

3.23 **quota di sbocco**: Quota corrispondente alla sommità della CCR, indipendentemente dal comignolo.

3.24 **rendimento**: Rapporto tra la potenza termica utile e la portata termica.

3.25 **resistenza termica di parete**: Resistenza al trasporto di calore attraverso la o le pareti della CCR.

3.26 **sezioni idraulicamente equivalenti**: Sezioni che hanno lo stesso diametro idraulico.

3.27 **stato di carico dell'impianto**: Insieme dei valori del carico termico di ogni apparecchio.

3.28 **tipo di sezione**: Forma della sezione della CCR e dei canali da fumo.

3.29 **tiraggio naturale**: Tiraggio determinato in una CCR per effetto della differenza di massa volumica esistente tra i fumi (caldi) e l'aria atmosferica esterna, senza che nessun mezzo meccanico di aspirazione sia installato nell'impianto.

4 SIMBOLI, GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA

Simbolo	Grandezza	Unità di misura
A	area della sezione	m^2
c	capacità termica massica	J/(kg K)
C	coefficiente caratteristico dei prodotti della combustione	K
D, D_h	diametro, diametro idraulico	m
e	eccesso d'aria	-
EP	variazione del valore di pressione tra due iterazioni successive	Pa
g	accelerazione di gravità	m/s^2
H	altezza	m
HG	altezza geodetica	m
H_i	potere calorifico inferiore	J/kg
k	coefficiente globale di scambio termico	$W/(m^2 K)$
KR	fattore di raffreddamento dei fumi	-
L	lunghezza	m
M	portata massica	kg/s
Mu	viscosità dinamica	Pa s
nc	numero di piani collegati alla CCR	-
np	numero di piani dello stabile	-
nS	numero di strati costituenti il secondario	-
N	portata termica	W
Nu	numero di Nusselt	-
P	pressione, perdita di carico	Pa
r	rugosità media	m
R	costante dei gas	J/(kg K)
Re	numero di Reynolds	-
RS	rapporto tra superfici	-
RT	resistenza termica	$(m^2 K)/W$
SA, SB	dimensione sezione primario/secondario	m
SE	fattore di sicurezza fluidodinamico	-
SH	fattore di correzione per temperatura non costante	-
T	temperatura	K
TP	temperatura di progetto	K
U	perimetro della sezione	m
W	velocità	m/s
Y	coefficiente di forma	-
α	coefficiente liminare	$W/m^2 K)$
ΔP	differenza di pressione	Pa
η	rendimento	-
λ	conduttività termica	W/(m K)
ξ	coefficiente di perdita localizzata	-

ρ	massa volumica	kg/m^3
Ψ	fattore di attrito	-
ω	frazione di superficie perimetrale esposta all'esterno	-

Pedici

a = ambiente esterno	j = indice del piano	p = a pressione costante
c = combustione	k = indice di sommatoria	q = comignolo
C = canale da fumo	l = del locale	r = effettivo
d = interruttore di tiraggio	m = medio	R = di riferimento
e = esterno	max = massimo	s = statica
f = dei fumi	min = minimo	S = secondario
g = globale	N = nominale	t = totale
G = apparecchio	^{c} = grandezza riferita a condizioni normalizzate (p = 1 013,25 mbar, t = 15 °C)	u = tratto terminale
i = interno	P = primario	U = flusso in uscita
I = flusso in ingresso		

5 CARATTERISTICHE GENERALI

5.1 Canne collettive ramificate, CCR

Le CCR, oggetto della presente norma, costituiscono un "sistema unico" per l'evacuazione dei fumi provenienti da più apparecchi ad esse collegate. Eventuali sostituzioni di apparecchi, di componenti e/o modifica del sistema possono alterare le condizioni di funzionamento e comportare pericoli per gli utenti del sistema stesso.

Nota *Il regolamento condominiale dovrebbe individuare una figura responsabile (per esempio l'amministratore o una figura tecnica da esso indicata) cui far riferimento per tutte le operazioni di manutenzione e/o modifica del sistema in modo tale che siano mantenute le condizioni progettuali secondo quanto stabilito dalla presente norma.*

Una CCR deve avere le seguenti caratteristiche:

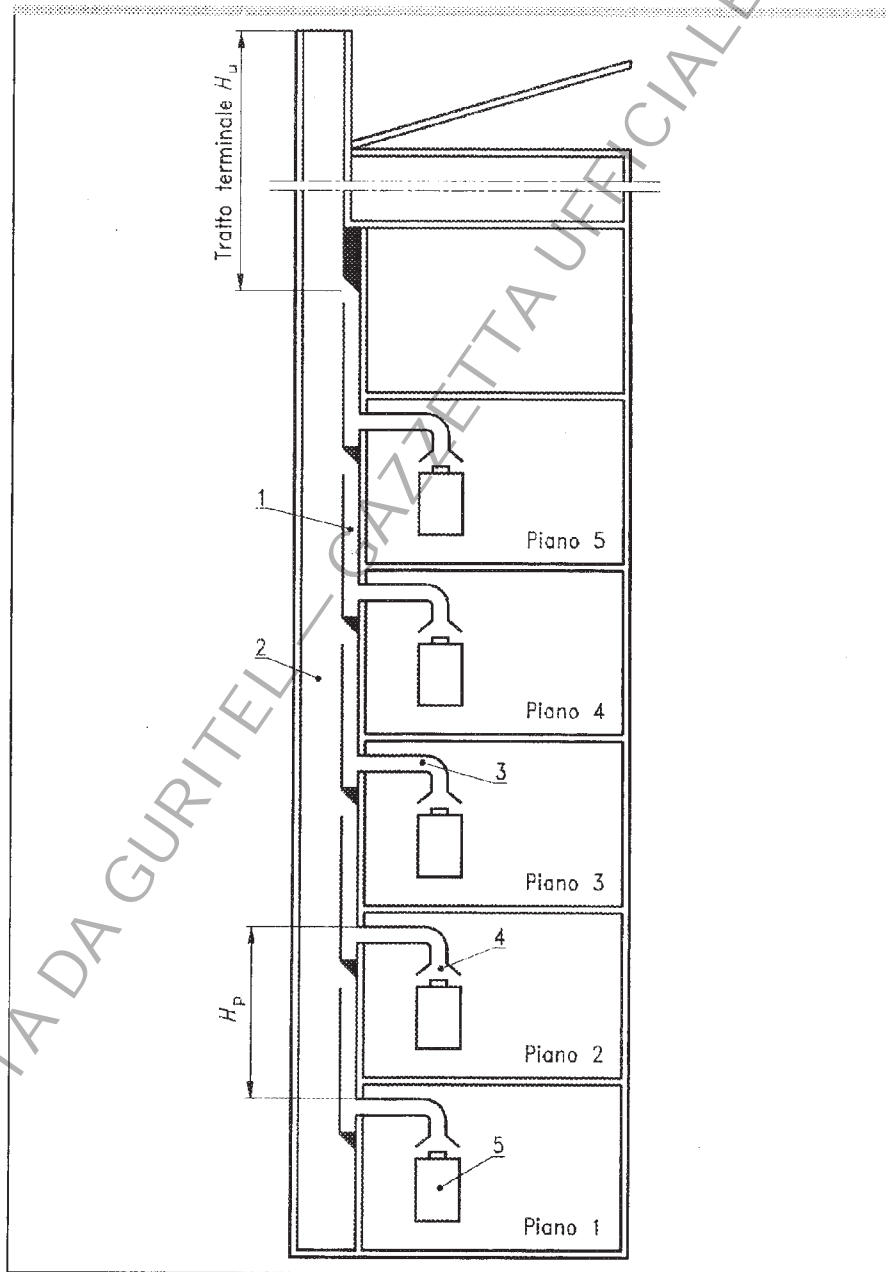
- essere a tenuta dei prodotti della combustione, impermeabile agli stessi e termicamente isolata, secondo quanto prescritto dalle specifiche norme di prodotto[1)];
- essere realizzata con materiali adatti a resistere nel tempo alle normali sollecitazioni meccaniche, al calore ed all'azione dei prodotti della combustione e delle loro eventuali condense, secondo quanto prescritto dalle specifiche norme di prodotto[1)];
- avere andamento perfettamente rettilineo e verticale ed essere priva di qualsiasi strozzatura in tutta la sua lunghezza;
- essere adeguatamente coibentata per evitare fenomeni di congelamento (nel caso di funzionamento a umido) o di condensa (nel caso di funzionamento a secco);
- essere adeguatamente distanziata, mediante intercapedine d'aria o isolanti opportuni, da materiali combustibili. Particolare attenzione deve essere posta nei confronti di attraversamenti di locali o zone con presenza di sostanze facilmente infiammabili;
- sia per il condotto secondario che per quello primario, avere sezione interna di forma circolare, quadrata o rettangolare. In questi ultimi due casi gli angoli devono essere arrotondati con raggio non minore di 20 mm. Sezioni idraulicamente equivalenti sono ammesse purchè il rapporto tra il lato maggiore e quello minore del rettangolo, circoscritto alla sezione stessa, non sia maggiore di 1,5;

1) Sono in avanzata fase di preparazione da parte del Comitato Tecnico CEN/TC 166 vari progetti di norma europei relativi alle varie tecnologie costruttive dei camini (metallo, calcestruzzo, ecc.).

- essere sempre dotata alla sommità di un comignolo, avente le caratteristiche di cui in 5.2, che, per le sue particolari caratteristiche, funzioni anche da aspiratore statico;
- essere priva di qualsiasi mezzo ausiliario di aspirazione e mandata posto in corrispondenza delle immissioni ai vari piani; è vietato l'impiego di mezzi meccanici di aspirazione posti alla sommità del condotto;
- ai condotti secondari devono essere allacciati solo apparecchi alimentati con il medesimo combustibile, del medesimo tipo e con portate termiche nominali che non differiscono di oltre il 30% in meno rispetto alla massima portata termica nominale allacciabile; lo scarico delle esalazioni delle cappe aspiranti delle cucine deve avere una canna collettiva ramificata o camini singoli adibiti solo a tale uso;
- deve essere allacciato un solo apparecchio per piano;
- il numero di piani servibili della CCR deve essere rapportato alla effettiva capacità di evacuazione del collettore (primario) e delle immissioni provenienti dai relativi condotti secondari. Qualora l'ultimo condotto secondario del sistema corrisponda anche all'ultimo piano dell'edificio servito, questo deve scaricare direttamente nell'atmosfera, tramite lo stesso comignolo, senza immettersi nel collettore (primario). Il collettore (primario) non deve comunque ricevere più di 5 immissioni dai relativi condotti secondari (figura 1). Una CCR può pertanto servire un massimo di 6 piani (5 + 1) in quanto l'ultimo condotto secondario scarica direttamente in atmosfera. Nel caso si tratti di edifici con un numero di piani maggiore di 6 devono essere installate due o più CCR, previa verifica delle condizioni dello scarico dei fumi;
- il condotto secondario della CCR deve avere, per tutti i piani, un'altezza almeno pari all'altezza di un piano ed entrare nel collettore con elemento deviatore avente un angolo non minore di 135° rispetto all'asse verticale. Il diametro idraulico del secondario non deve mai essere minore di 12 cm, né maggiore della sezione del primario;
- i condotti secondari devono avere, al di sotto dell'imbocco di ogni canale da fumo, una camera di raccolta di eventuali materiali solidi, avente altezza di 20 a 30 cm. Nel caso in cui la CCR sia esterna all'edificio e non abbia alcun lato adiacente alla struttura muraria perimetrale, tale camera di raccolta può non essere prevista. Devono tuttavia essere previsti accorgimenti tecnici, atti ad impedire la penetrazione di corpi estranei all'interno del condotto secondario;
- alla base del collettore la CCR deve avere una camera di raccolta di altezza minima di 50 cm. L'accesso a detta camera deve essere garantito mediante aperture munite di sportello metallico di chiusura a tenuta d'aria;
- nel caso di funzionamento a umido, deve essere previsto lo scarico delle condense dal collettore in accordo con quanto previsto dalle normative per la tutela delle acque dall'inquinamento;
- il canale da fumo, che unisce l'apparecchio utilizzatore alla CCR, deve immettersi nel condotto secondario immediatamente sopra la camera di raccolta del secondario se esistente;
- i moduli del condotto secondario predisposti per l'imboccatura del canale da fumo devono riportare in modo evidente ed in una parte non asportabile (per esempio sulla ghiera metallica) il tipo di canna, l'utilizzo per cui è idonea e gli apparecchi collegabili;
- l'altezza del tratto terminale deve essere non minore di 3 m;
- nella CCR non si deve verificare alcuna sovrappressione, salvo per un breve transitorio di avviamento dell'apparecchio (indicativamente per periodi non maggiori di 60 s);
- la progettazione ed il dimensionamento devono tenere conto dei dati specifici relativi alla installazione degli apparecchi ed alla ubicazione dell'edificio;
- la CCR deve essere dotata di un libretto, riportante le modalità di installazione, d'uso e manutenzione forniti dal costruttore, con copia del progetto allegata.

figura 1 **Canna fumaria collettiva ramificata (CCR)**

Legenda

1 Secondario
2 Primario
3 Canale da fumo
4 Interruttore di tiraggio
5 Generatore di calore

5.2 Comignoli

Un comignolo, posto alla sommità di una CCR deve avere le seguenti caratteristiche:

- facilitare la dispersione dei prodotti della combustione anche con condizioni atmosferiche avverse ed impedire la deposizione di corpi estranei (per esempio di nidi);
- sezione utile di uscita non minore del doppio della somma di quella del primario e dell'eventuale secondario ad esso affiancato, sul quale è inserito;
- conformazione tale da impedire la deposizione nella CCR della pioggia e della neve;
- costruzione tale che venga sempre assicurato lo scarico dei prodotti della combustione, anche in caso di venti di ogni direzione ed inclinazione;
- quota di sbocco realizzata in conformità alla UNI 7129.

6 PROCEDIMENTO DI CALCOLO - CRITERI FONDAMENTALI

6.1 Generalità

Il procedimento è di validità generale e consente di calcolare le condizioni termofluidodinamiche che si determinano all'esterno di una CCR per qualsiasi stato di carico dell'impianto, date le caratteristiche ambientali dell'area in cui si trova la CCR, le grandezze geometriche e fisiche che la caratterizzano nonché quelle degli apparecchi ad essa collegati.

In ogni punto di raccordo tra vari condotti negli imbocchi dei canali da fumo immediatamente a valle dell'interruttore di tiraggio e nello/negli sbocco/i in atmosfera (**nodo**, vedere figura 3) si ha che:

- dove confluiscono portate massiche di fluidi valgono le relazioni:

formula 1

$$\sum M_U = \sum M_I$$

e

formula 2

$$\sum (M_U c_{pU} T_U) = \sum (M_I c_{pI} T_I)$$

- la pressione effettiva calcolata all'ingresso di un canale da fumo in un secondario risulta dalla somma del contributo al tiraggio effettivo del secondario considerato e del relativo canale da fumo, più i contributi al tiraggio effettivo di tutti i tronchi di primario al di sopra di esso.

Il procedimento deve essere sviluppato calcolando:

- i bilanci di massa e dell'energia partendo dal primo piano in basso fino all'ultimo piano in alto,
- i contributi al tiraggio effettivo in ogni tronco,
- i tiraggi effettivi in ogni nodo.

6.2 Relazioni e grandezze fondamentali per il calcolo

6.2.1 Grandezze relative all'ambiente esterno

6.2.1.1 Temperatura dell'aria, T_a = 293,15

Si utilizza per la verifica del tiraggio. Per le verifiche della temperatura e della velocità dei fumi, vedere 8.2 e 8.3.

6.2.1.2 Altezza geodetica, *HG*

Questa altezza, riferita al livello del mare, determina la pressione atmosferica da utilizzare per il calcolo.

6.2.1.3 Pressione atmosferica, P_a

Si ottiene tenendo conto della quota geodetica come indicato nel prospetto 4 della UNI 9615-1.

6.2.1.4 Massa volumica dell'aria, ρ_a

Si utilizza la legge di stato dei gas perfetti:

formula 3

$$\rho_a = \frac{P_a}{R \cdot T_a}$$

dove:

R è la costante di elasticità dell'aria, pari a 288 J/(kg K).

6.2.2 Grandezze relative alla combustione

6.2.2.1 Portata termica nominale, N_{GN}

Dato che viene fornito dal costruttore dell'apparecchio.

6.2.2.2 Portata termica minima, N_G

È la frazione minima possibile della N_{GN} e viene indicata dal costruttore dell'apparecchio.

6.2.2.3 Potere calorifico inferiore, H_i

Valore medio del gas distribuito.

6.2.2.4 Rendimento, η

Fornito dal costruttore dell'apparecchio alle varie condizioni di funzionamento.

6.2.2.5 Eccesso d'aria, e

Fornito dal costruttore dell'apparecchio alle varie condizioni di funzionamento.

Nota *Le grandezze indicate nel presente punto sono necessarie per calcolare i parametri di cui in 6.2.3 qualora essi non siano noti.*

6.2.3 Grandezze termofluidodinamiche dei fumi

6.2.3.1 Composizione percentuale sul volume, $\%CO_2$, $\%O_2$

Nel caso in cui non sia fornita dal costruttore dell'apparecchio alle varie condizioni di funzionamento, utilizzare il prospetto 1 della presente norma.

6.2.3.2 Portata massica all'uscita dall'apparecchio, M_{fUG}

Nel caso in cui non sia fornita dal costruttore dell'apparecchio alle varie condizioni di funzionamento, utilizzare il prospetto 1 della presente norma.

6.2.3.3 Temperatura all'uscita dall'apparecchio, T_{fUG}

Nel caso in cui non sia fornita dal costruttore dell'apparecchio alle varie condizioni di funzionamento, utilizzare il prospetto 1 della presente norma.

6.2.3.4 Le seguenti tre grandezze sono funzione della temperatura media del fluido e della sua composizione.

a) **Capacità termica massica a pressione costante,** c_{pf}
Qualora questo dato non sia noto vedere UNI 9615-1, figura 12.

b) **Viscosità dinamica,** Mu_f
Dipende dalla temperatura media dei fumi. Per la viscosità cinematica vedere UNI 9615-1, figura 15. La viscosità dinamica si ottiene da quella cinematica moltiplicandola per la massa volumica media.

c) **Conduttività termica dei fumi,** λ_f
Dipende dalla temperatura media dei fumi (vedere UNI 9615-1, figura 14).

6.2.4 Grandezze relative al sistema di evacuazione dei fumi (canali da fumo e canna collettiva ramificata)

6.2.4.1 Numero di piani dell'edificio, *np*

Numero di piani di cui è costituito l'edificio.

6.2.4.2 Numero di piani collegati, *nc*

Il primario di una CCR può raccogliere al massimo gli scarichi di 5 apparecchi (figura 1). Se *np* è maggiore di 6 è necessario installare più di una CCR (vedere 5.1).

6.2.4.3 Altezza del tratto terminale, H_u

Vedere 3.1. Deve essere sempre garantita la condizione: $H_u \geq 3{,}0$ m (vedere figura 1).

6.2.4.4 Area della sezione, *A*

Rappresenta la sezione netta di passaggio dei fumi. Se la sezione è circolare o rettangolare può essere determinata come segue (vedere figura 2):

formula 4

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

dove *D* è il diametro;
oppure

formula 5

$$A = SA \cdot SB$$

dove *SA* e *SB* sono i lati.

6.2.4.5 Perimetro della sezione, *U*

Si riferisce alla superficie effettivamente interessata dal fenomeno considerato. Se la sezione è circolare o rettangolare può essere determinata come segue:

formula 6

$$U = \pi D$$

o

formula 7

$$U = 2(SA \cdot SB)$$

6.2.4.6 Diametro idraulico, D_h

Il diametro idraulico è dato da:

formula 8

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{U}$$

6.2.4.7 Resistenza termica di parete, *RT*

Deve essere determinata per regime stazionario e con riferimento alla temperatura media della parete interna. Se non sono disponibili certificati o dati forniti dal costruttore della CCR secondo la UNI 9731 ed è nota la resistenza termica di parete dei singoli strati, per una parete multistrato può essere calcolata come segue (si numerino gli strati dall'interno verso l'esterno):

formula 9

$$RT = D_h \cdot \sum_{k=1}^{nS} (RT_k / D_{hk})$$

dove:

nS è il numero di strati costituenti la parete in questione;

RT_k è la resistenza termica di parete dello strato k;

D_h è il diametro idraulico interno;

D_{hk} è il diametro idraulico della superficie interna dello strato k.

6.2.4.8 Coefficiente liminare esterno, α_e

Se la CCR è disposta internamente all'edificio porre $\alpha_e = \alpha_{e,min} = 8,0$; se la CCR è disposta esternamente all'edificio porre $\alpha_e = \alpha_{e,max} = 23,0$.

Nel caso in cui la CCR sia parzialmente esposta all'esterno:

formula 10

$$\alpha_e = RS\,\alpha_{e,max} + (1 - RS)\,\alpha_{e,min}$$

dove RS è il rapporto tra la superficie perimetrale esposta all'esterno e la superficie perimetrale totale.

6.2.4.9 Rugosità media, r

Deve essere fornita dal costruttore della CCR. Nel caso essa non sia nota utilizzare il prospetto 2 della UNI 9615-1.

6.2.4.10 Altezza di un piano, H_p

È la distanza verticale tra due immissioni successive (vedere figura 1).

6.2.4.11 Area netta interruttore di tiraggio, A_d

È fornita dal costruttore dell'apparecchio.

6.2.4.12 Coefficiente perdita localizzata all'interruttore di tiraggio, ξ_d

Qualora non sia disponibile alcun valore assumere $\xi_d = 2$.

6.2.4.13 Sezione netta dell'apertura di ventilazione, A_l

Vedere UNI 7129.

6.2.4.14 Coefficiente di perdita localizzata dell'apertura di ventilazione, ξ_l

Qualora non sia disponibile un valore per questo coefficiente si può utilizzare il valore ricavato dalla relativa tabella dell'appendice A (informativa).

6.2.4.15 Coefficiente di perdita localizzata dovuta alla presenza del comignolo, ξ_q

È fornito dal costruttore. Qualora non sia disponibile nessun valore si può utilizzare il valore ricavato dalla relativa tabella dell'appendice A (informativa) o dalla lettura tecnica.

figura 2 **Tipi di sezione della CCR**

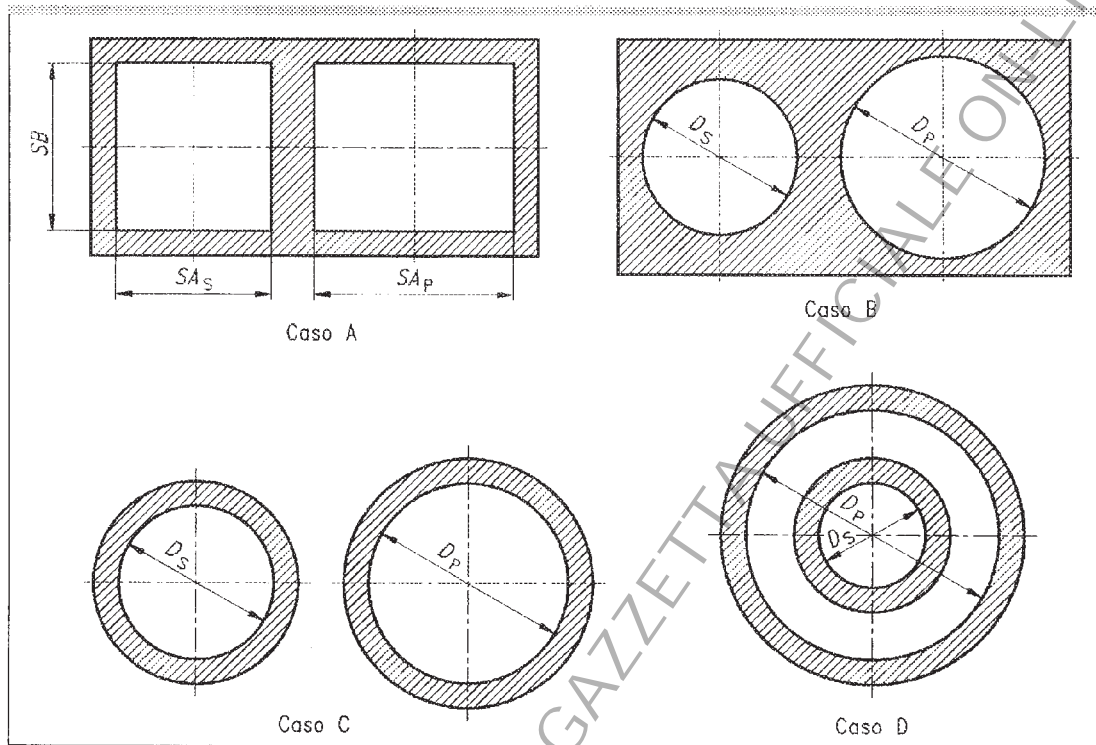
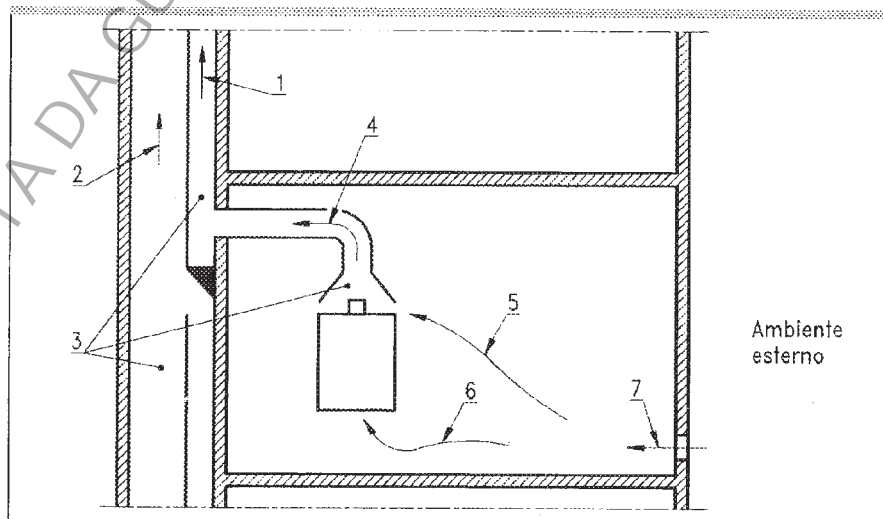



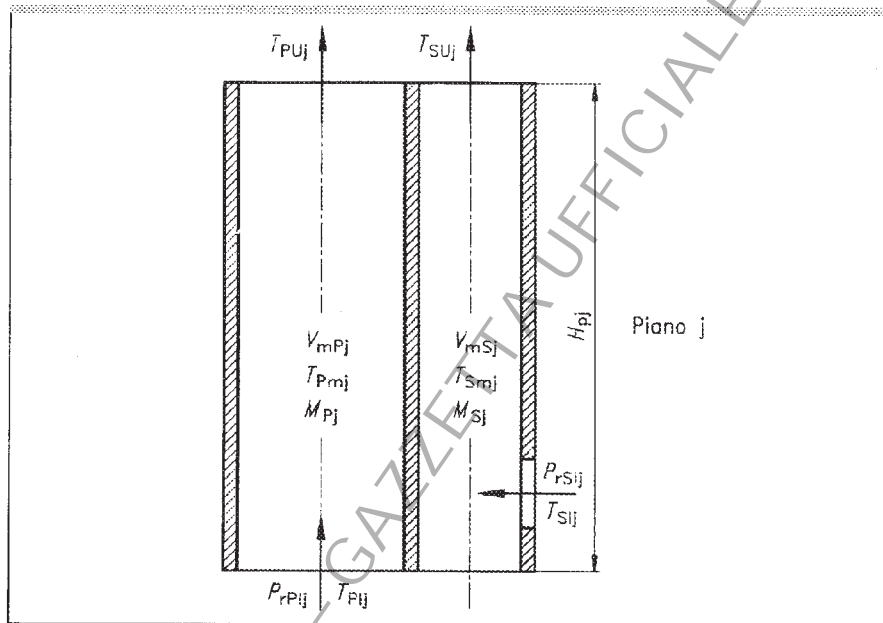
figura 3 **Schema di un piano dell'impianto fumario**

Legenda

1 Fumi nel secondario
2 Fumi nel primario
3 Nodi
4 Fumi nel canale da fumo
5 Aria parassita
6 Aria di combustione
7 Aria esterna

7 PROCEDIMENTO DI CALCOLO

Dal calcolo iterativo si ottengono (figura 4) i seguenti risultati:

- in ogni nodo: i valori della pressione e della temperatura,
- in ogni tratto tra due nodi: i valori medi della temperatura, della massa volumica e della velocità dei fumi.

figura 4 **Schematizzazione dei flussi in un tratto di CCR**

In ogni nodo ogni iterazione è composta dalle due fasi seguenti:

Fase 1. Calcolare i parametri partendo dal nodo più basso fino allo sbocco in atmosfera.

- **ad ogni interruttore di tiraggio**
  - portata massica di aria parassita

    Alla *prima iterazione* si assume una portata nulla ($M_a = 0$) oppure pari ad una frazione della portata massica dei prodotti della combustione:

formula 11

$$M_a = \chi_a M_{fUG}$$

in cui $\chi_a < 0,5$.

Nelle *iterazioni successive* per ogni piano si calcola come segue:

formula 12

$$M_a^* = \frac{-M_{fUG} \cdot t_l + \sqrt{P_d \cdot (t_l + t_d) - t_l \cdot t_d \cdot M_{fUG}^2}}{t_l + t_d}$$

dove:

formula 13

$$t_l = \frac{\xi_l}{2 \cdot \rho_a \cdot A_l^2}$$

formula 14

$$t_d = \frac{\xi_d}{2 \cdot \rho_a \cdot A_d^2}$$

in cui:

ξ_l è il coefficiente di perdita localizzata per l'ingresso dell'aria nel locale;

ξ_d è il coefficiente di perdita localizzata per l'ingresso dell'aria attraverso l'interruttore di tiraggio;

P_d è la pressione effettiva all'interruttore di tiraggio [P_a]: è pari alla pressione effettiva all'ingresso del canale da fumo (P_{rIC}) calcolata secondo la [35].

Deve essere:

formula 15

$$P_d \geq M_{fUG}^2 t_l$$

Il valore M_a^* può essere utilizzato direttamente nei calcoli seguenti.

Nota *Per ridurre il numero di iterazioni da effettuare per raggiungere la convergenza adottare il valore:*

formula 16

$$M_a = \gamma_{ma} M_{a0} + (1 - \gamma_{ma}) M_a^*$$

dove:

M_a^* *è il valore ottenuto applicando la [12];*

M_{a0} *è il valore di* M_a *utilizzato nell'iterazione precedente;*

$0 \leq \gamma_{ma} \leq 1$.

- **in ogni canale da fumo**
  - portata massica dei fumi dopo l'interruttore di tiraggio (si utilizza la [20]);
  - temperatura dei fumi dopo l'interruttore di tiraggio (si utilizza la [21] in cui, nel caso di apparecchio posto in un locale riscaldato, porre la temperatura dell'aria parassita pari a quella del locale, altrimenti utilizzare la temperatura dell'aria (T_a));
  - massa volumica media dei fumi (si utilizza la [22]);
  - velocità media dei fumi (si utilizza la [23]);
  - temperatura fumi in uscita (si utilizza la [32]);
  - temperatura media fumi (si utilizza la [34]).
- **in ogni secondario**
  - portata massica di fumi (uguale a quella nel canale da fumo);
  - temperatura dei fumi all'ingresso (uguale a quella all'uscita dal canale da fumo);
  - massa volumica media dei fumi (si utilizza la [22]);

Nota *Non essendo ancora noto il valore della temperatura media dei fumi (T_{fm}) alla prima iterazione si può imporre:*

formula 17

$$T_{fm} = T_{fI}$$

dove T_{fI} *è la temperatura dei fumi all'ingresso.*

  - velocità media dei fumi (si utilizza la [23]);
  - temperatura dei fumi in uscita (si utilizza la [32]);
  - temperatura media dei fumi (si utilizza la [33]).
- **in ogni tronco di primario**
  - nei calcoli riguardanti le grandezze del primario, per il primo tronco (a monte della prima immissione, vedere figura 1) porre:

formula 18

$$M_{fP1} = 0$$

formula 19

$$T_{fmP1} = T_{fUP1} = T_a$$

dove:

M_{fP1} è la portata massica dei fumi nel primo tronco di primario,

T_{fP1} è la temperatura dei fumi nel primo tronco di primario;

- portata massica fumi (si utilizza la [20]);
- temperatura fumi ingresso (si utilizza la [21]);
- massa volumica media dei fumi (si utilizza la [22]);
- velocità media dei fumi (si utilizza la [23]);
- temperatura dei fumi in uscita (si utilizza la [32]);
- temperatura media dei fumi (si utilizza la [33]).

Fase 2. Calcolare i tiraggi effettivi in ogni nodo ripercorrendo la CCR a ritroso dallo sbocco fino al nodo più lontano:

- pressione statica all'imbocco del secondario nel primario (si utilizza la [34]);
- perdite di carico per resistenze fluidodinamiche nel primario (si utilizza la [26]);
- pressione effettiva all'imbocco del secondario nel primario (si utilizza la [35]);
- pressione statica all'imbocco del canale da fumo nel secondario (si utilizza la [34]);
- perdite di carico per resistenze fluidodinamiche nel secondario (si utilizza la [26]);
- pressione effettiva all'imbocco del canale da fumo nel secondario (si utilizza la [35]);
- pressione statica all'imbocco nel canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) (si utilizza la [34]);
- perdite di carico per resistenze fluidodinamiche nel canale da fumo (si utilizza la [26]);
- pressione effettiva all'imbocco nel canale da fumo a valle dell'interruttore di tiraggio (si utilizza la [35]);
- massima variazione, tra due iterazioni successive, della pressione effettiva all'imbocco nel canale da fumo a valle dell'interruttore di tiraggio (si utilizza la [38]).

Determinata la massima variazione di pressione effettiva all'imbocco del canale da fumo a valle dell'interruttore di tiraggio, calcolata tra due iterazioni successive, si effettua la prova di cui alla [39]. Qualora detta massima variazione di pressione sia maggiore del valore ammissibile stabilito dalla presente norma (0,1 Pa) si deve ripetere, nella stessa sequenza, il calcolo delle grandezze sopraelencate (portate, temperature, pressioni, velocità, ecc.) introducendo dove sono cambiati, i nuovi valori delle grandezze.

Qualora la [39] sia verificata, le grandezze calcolate all'ultima iterazione possono essere ritenute, con approssimazione sufficiente per lo scopo della presente norma, quelle di effettivo funzionamento della CCR in esame.

Si può quindi procedere con le verifiche di cui in 8.1, 8.2 e 8.3.

7.1 Portata massica e temperatura dopo la confluenza di due flussi

7.1.1 Portata massica di fumi dopo una confluenza, M_{fU}

È data dalla somma delle portate massiche dei fumi in arrivo:

formula 20

$$M_{fU} = M_{f1} + M_{f2}$$

7.1.2 Temperatura dei fumi dopo la confluenza, T_U

Deve essere calcolata per tentativi. Mediante il bilancio dell'energia si determina il valore della temperatura dei fumi:

formula 21

$$T_U = \frac{M_{f1} \cdot c_{pf1} \cdot T_{f1} + M_{f2} \cdot c_{pf2} \cdot T_{f2}}{M_{fU} \cdot c_{pU}}$$

dove:

- $T_{f1,2}$ sono le temperature dei fumi in arrivo alla confluenza;
- $M_{f1,2}$ sono le portate massiche dei fumi in arrivo;
- $c_{pf1,2}$ sono le capacità termiche massiche a pressione costante dei fumi in arrivo alla confluenza;
- c_{pU} è la capacità termica massica a pressione costante dei fumi dopo la confluenza.

Nota *Al primo tentativo si può adottare per la temperatura dei fumi dopo la confluenza (T_U) il valore ottenuto dalla media delle temperature in ingresso pesata rispetto alle portate massiche. In base al valore di tentativo di T_U si determina la capacità termica massica dei fumi (c_{pU}). Si ripete il calcolo fino a trovare un valore di T_U che differisce dal precedente di un valore minore di quello massimo prefissato (0,5 °C).*

7.2 Perdita di carico per resistenze fluidodinamiche in un tratto rettilineo di condotto

7.2.1 Massa volumica media, ρ_m

Si utilizza la legge dei gas perfetti e si approssima la pressione media del canale da fumo con quella atmosferica:

formula 22

$$\rho_m = \frac{P_a}{T_m \cdot R}$$

dove:

- P_a è la pressione atmosferica;
- T_m è la temperatura media del fluido (qualora tale valore non sia ancora stato calcolato si adotti inizialmente una frazione ragionevole del valore iniziale della temperatura e si ripeta poi il calcolo con il valore trovato secondo la [33]);
- R è la costante di elasticità di ogni gas (pari a 300 J/kg K per i prodotti della combustione stechiometrica).

7.2.2 Velocità media, W_m

Per ogni tratto rettilineo è determinata dalla relazione seguente:

formula 23

$$W_m = \frac{M}{\rho_m \cdot A}$$

dove:

- M è la portata massica del fluido nel condotto;
- ρ_m è la massa volumica media del fluido calcolata secondo la [22];
- A è l'area della sezione netta di passaggio.

7.2.3 Fattore di attrito in un tratto di condotto, ψ

Si determina utilizzando la formula di Colebrook-White:

formula 24

$$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\psi}} + \frac{r}{3,71 \cdot D_h}\right)$$

dove:

r è la rugosità media del condotto;

D_h è il diametro idraulico del condotto (calcolato secondo la [8] in cui, nel caso si tratti di condotti coassiali, sarà necessario tener conto di tutte le superfici lambite dai fumi);

Re è il numero di Reynolds determinato come segue

formula 25

$$Re = \frac{\rho_m \cdot D_h \cdot W_m}{Mu}$$

in cui:

Mu è la viscosità dinamica dei fumi nel canale da fumo, determinato come media delle viscosità dinamiche dei singoli costituenti dei fumi.

7.2.4 Perdita di carico per resistenze fluidodinamiche, ΔP

Si ottiene dalla relazione:

formula 26

$$\Delta P = SE\left[1/2\,\rho_m W_m^{\ 2}\left(\psi \cdot \frac{H_t}{D_h} + \sum_k \xi_k\right)\right] + P_W$$

dove:

P_W è la variazione di pressione dovuta a variazione di velocità, calcolata come segue:

formula 27a

$$P_W = 1/2\,\rho_m W_m^{\ 2}\left[1 - \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2\right]$$

in cui:

W_1 è la velocità dei fumi prima della variazione;

W_2 è la velocità dei fumi dopo la variazione.

Nel caso in cui W_2 sia maggiore di W_1 si deve considerare la seguente:

formula 27b

$$P_W = SE \cdot 1/2\,\rho_m W_m^{\ 2}\left[1 - \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2\right]$$

SE è il fattore di sicurezza fluidodinamico posto pari a 1,2, in considerazione del fatto che gli apparecchi devono essere dotati di dispositivo antiriflusso;

ρ_m è la massa volumica media del fluido calcolata secondo la [22];

W_m è la velocità media nel tratto calcolata secondo la [23];

H_t è lo sviluppo totale del tratto di condotto;

D_h è il diametro idraulico calcolato secondo la [8];

ξ_k è il k-esimo coefficiente di perdita localizzata nei punti di discontinuità (curve, raccordi, ecc.) che può essere fornito dai costruttori o ricavato dalla letteratura tecnica (vedere in proposito l'appendice A informativa per alcuni casi comuni);

ψ è il fattore di attrito nel tratto determinato secondo la [24].

7.3 Variazione di temperatura in un tratto di condotto

7.3.1 Coefficiente liminare interno, α_i

Si utilizza la relazione seguente:

formula 28

$$\alpha_i = \frac{\lambda \cdot Nu}{D_h}$$

dove:

λ è la conduttività termica del fluido;
D_h è il diametro idraulico calcolato secondo la [8];
Nu è il numero di Nusselt, calcolato come segue

formula 29

$$Nu = \left(\frac{\psi}{\psi_0}\right)^{0,67} 0,035\ 4\,(Re^{0,75} - 180)$$

in cui:

ψ è il fattore di attrito per tubo rugoso (si utilizza la [24]);
ψ_0 è il fattore di attrito per tubo liscio (si utilizza la [24] ponendo $r = 0$).

Nota *Tale relazione per Nu è valida per 3 000 < Re < 10^7 e (ψ/ψ_0) < 3.*

Se dovesse risultare $\alpha < 5$ porre $\alpha = 5$.

7.3.2 Coefficiente globale di scambio termico, *k*

Può essere calcolato con la relazione:

formula 30

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(RT + \frac{D_h}{D_{he}} \cdot \frac{1}{\alpha_e}\right) \cdot SH}$$

dove:

α_i è il coefficiente liminare interno calcolato secondo la [28];
α_e è il coefficiente liminare esterno calcolato secondo la [10];
D_{he} è il diametro idraulico esterno del tratto;
SH è il fattore di correzione per temperatura non costante pari a 0,5;
RT è la resistenza termica di parete del condotto.

7.3.3 Fattore di raffreddamento, *KR*

È determinato come segue:

formula 31

$$KR = \frac{U \cdot k \cdot L}{M \cdot c_p}$$

dove:

U è il perimetro interessato nello scambio termico; per semplicità si distinguono i casi seguenti a seconda della conformazione della CCR:

a) Il secondario ed il primario sono separati. È il caso, per esempio, di alcune canne metalliche con secondario che si innesta esternamente al primario. In questo caso il perimetro U da prendere in considerazione, sia per il secondario che per il primario, è quello effettivo,

b) Il secondario ed il primario sono separati solo da un setto. È il caso delle CCR di tipo tradizionale. In questo caso, sia per il primario che per il secondario, il perimetro va considerato uguale a quello effettivo moltiplicato per un fattore di correzione $f_u = 0,75$,

c) Il secondario è inserito nel primario e coassiale ad esso. In questo caso il perimetro U del secondario è pari a quello effettivo moltiplicato per un coefficiente f_U compreso tra 0 e 0,2;

k è il coefficiente globale di scambio termico calcolato secondo la [30];
L è la lunghezza del tratto di condotto;
c_p è la capacità termica massica a pressione costante del fluido.

7.3.4 Temperatura fumi all'uscita del condotto, T_{fU}

È così calcolata:

formula 32

$$T_{fU} = T_a + (T_{fI} - T_a)\, e^{-KR}$$

dove:
KR è il fattore di raffreddamento calcolato secondo la [31];
T_a è la temperatura dell'aria esterna al condotto;
T_{fI} è la temperatura dei fumi all'ingresso nel condotto.

7.3.5 Temperatura media dei fumi nel condotto, T_{fm}

È calcolata come segue:

formula 33

$$T_{fm} = T_a + (T_{fI} - T_a) \cdot \frac{1 - e^{-KR}}{KR}$$

7.4 Pressioni in un tratto di condotto

7.4.1 Pressione statica all'imbocco, P_{sI}

Si calcola con la relazione seguente:

formula 34

$$P_{sI} = (\rho_a - \rho_m)\, H\, g$$

dove:
H è l'altezza del condotto;
g è l'accelerazione di gravità.

7.4.2 Pressione effettiva all'imbocco, P_{rI}

In una qualsiasi sezione la pressione effettiva è determinata come somma dei contributi di pressione effettiva di tutti i tratti di condotto soprastanti la sezione stessa. I contributi di ogni tratto sono dati dalla differenza tra la pressione statica e la perdita di carico per resistenze fluidodinamiche. A questi deve essere sottratta la perdita di carico dovuta alla presenza del comignolo:

formula 35

$$P_{rI} = \sum_{m=j+1}^{nc+1} (P_{sIm} - \Delta P_m) - \Delta P_q$$

dove:
ΔP_q è la variazione di pressione dovuta alla presenza del comignolo che, qualora non sia nota, può essere posta pari a:

formula 36

$$\Delta P_q = 1/2\, \rho_m W_m^{\,2} \xi_q$$

in cui

ρ_m è la densità media dei fumi;

W_m è la velocità media dei fumi;

ξ_q è il coefficiente di perdita localizzata al comignolo.

7.5 Massima variazione consentita fra due iterazioni successive

7.5.1 Variazione di pressione, $EP_{r\,max}$

Alla fine del processo iterativo si calcola, per ogni canale da fumo, la differenza fra il valore corrente della pressione effettiva all'ingresso, P_{rIC}, e il suo valore ottenuto all'iterazione precedente.

formula 37

$$EP_{rIC} = P_{rIC} - P_{rIC0}$$

dove:

P_{rIC} è la pressione effettiva all'imbocco dei canali da fumo, a valle dell'interruttore di tiraggio calcolato secondo la [35];

P_{rIC0} è la pressione effettiva all'imbocco dei canali da fumo, a valle dell'interruttore di tiraggio, calcolato nell'iterazione precedente.

Si determina quindi la maggiore tra queste differenze:

formula 38

$$EP_{r\,max} = \max.\ \{EP_{rIC}\}$$

Se $EP_{r\,max}$ è maggiore del limite stabilito dalla presente norma (0,1Pa) si ripete l'intera procedura, adottando come nuovi valori di tentativo quelli ottenuti nell'ultima iterazione eseguita.

Perché il calcolo sia accettabile (abbia cioè raggiunto la convergenza) deve risultare quindi:

formula 39

$$EP_{r\,max} \leq 0,1$$

8 CRITERI DI VERIFICA

8.1 Pressione effettiva

Devono essere verificate per ogni piano con apparecchi accesi le relazioni seguenti:

formula 40

$$P_{rIC} > P_G + P_I$$

formula 41

$$M_a \geq 0$$

per gli altri piani deve essere

formula 40a

$$P_{rIC} > 0$$

dove:

P_{rIC} è la pressione effettiva all'imbocco dei canali da fumo calcolata secondo la [35];

P_G sono le perdite di carico nell'apparecchio;

P_I sono le perdite di carico per l'ingresso dell'aria pari a:

formula 42

$$P_l = SE\,1/2\,\frac{M_{fUG}^{2}}{\rho_a \cdot A_l^{2}}\,\xi_l$$

La verifica deve essere effettuata nei seguenti casi limite:

caso 1: tutti gli apparecchi accesi e funzionanti alle condizioni di portata termica nominale;

caso 2: solo l'apparecchio al piano più basso, funzionante nelle condizioni di portata termica ridotta;

caso 3: solo l'apparecchio al piano più alto che immette nel primario, funzionante nelle condizioni di portata termica nominale.

8.2 Temperatura

La temperatura interna di parete in ogni punto del primario deve soddisfare la [42], nel caso 2 di 8.1, ma funzionante alle condizioni di massima potenza, in cui si usi un fattore per temperatura non costante $SH = 1$ e una temperatura di progetto esterna calcolata come segue:

- se la CCR è disposta internamente all'edificio per tutta la sua lunghezza senza nessuna porzione della superficie perimetrale esposta all'esterno

formula 43

$$T_a = T_{a\,max} = 293,15$$

- se la CCR è disposta esternamente all'edificio per tutta la sua lunghezza e con tutta la superficie perimetrale esposta all'esterno, T_a è uguale alle temperature come riportate nel prospetto 2;
- nel caso in cui una porzione ω della superficie perimetrale esterna della canna fumaria sia esposta all'esterno dell'edificio

formula 44

$$T_a = 293 \cdot (1 - \omega) + TP\,\omega$$

dove:

TP è la temperatura esterna di progetto come riportato nel prospetto 2, e deve essere espressa in gradi Kelvin.

Verificare la [45] con la temperatura di parete allo sbocco del primario (dove la temperatura dei fumi è la più bassa), deve risultare:

formula 45

$$T_{pU} \geq T_R$$

dove:

T_{pU} è la temperatura di parete all'uscita del condotto fumi calcolata secondo la [46];

T_R è la temperatura di riferimento pari alla

- temperatura del punto di rugiada se le condizioni di funzionamento previste sono a secco (è determinata come indicato di seguito);
- temperatura di congelamento dell'acqua se le condizioni di funzionamento previste sono a umido ($T_R = 273,15$ K).

8.2.1 Temperatura del punto di rugiada

Si determina come segue:

- si determina il bilancio delle specie chimiche nei fumi prima dello sbocco in atmosfera;
- si valuta la pressione parziale del vapor d'acqua nei fumi;
- si ricava infine la temperatura del punto di rugiada in funzione della pressione parziale del vapor d'acqua nei fumi.

Vedere anche UNI 9615-1, figura 19.

8.2.2 **Temperatura di parete all'uscita dal primario, T_{pU}**

Si calcola come segue:

formula 46

$$T_{pU} = T_{fUP} - (T_{fUP} - T_a)\, k_P / \alpha_{iP}$$

dove:

k_P è il coefficiente globale di scambio termico del tratto terminale del primario;

α_{iP} è il coefficiente liminare interno del tratto terminale del primario;

T_{fUP} è la temperatura dei fumi in uscita del primario.

8.3 **Velocità**

Nelle stesse condizioni (temperatura e stato di carico dell'impianto) di cui in 8.2, deve essere verificata la relazione:

formula 47

$$W \geq W_{min}$$

dove:

W è la velocità media di ogni tratto calcolata secondo la [23] sia in ogni tratto del primario che nei secondari, nei tratti attraversati dai fumi provenienti dagli apparecchi in funzione;

W_{min} è la velocità minima ammissibile dei fumi nella canna fumaria pari a:

formula 48

$$W_{min} = f_W \sqrt[4]{A}$$

in cui:

f_W è il coefficiente di velocità minima pari a 1,58 $m^{1/2}\, s^{-1}$;

A è l'area netta della sezione di passaggio.

Per calcolare la portata massica dei prodotti della combustione moltiplicare i relativi coefficienti riportati nel prospetto 1 per la portata termica presa in considerazione.

Per il calcolo della temperatura T_{fUG} all'uscita dall'apparecchio, prima dell'interruttore di tiraggio usare la relazione seguente:

formula 49

$$T_{fUG} = 293{,}15 + C\,(1 - \eta)\, 1\,000$$

dove:

C è il coefficiente caratteristico dei fumi come indicato nel prospetto alle varie condizioni.

prospetto 1 **Coefficienti per il calcolo delle grandezze termofluidodinamiche dei fumi**

		Gas naturale		GPL		Gas di città	
Portata termica di verifica		N_{GF}	N_G	N_{GF}	N_G	N_{GF}	N_G
Percentuale di CO_2 nei prodotti della combustione secchi	%	4,3	8,77	5,29	10,5	4,57	9,00
Percentuale di O_2 nei prodotti della combustione secchi	%	13,16	5,26	13,0	5,16	12,85	5,0
Portata dei prodotti della combustione per unità di portata termica	10^{-3} (kg/s)/kW	0,95	0,50	0,90	0,50	0,85	0,50
Coefficiente C caratteristico dei prodotti della combustione	K	0,95	1,80	1,00	1,80	1,05	1,80

Nota *Nel prospetto 1 le portate, come condizione di sicurezza, sono state calcolate con un'eccesso d'aria pari al 150% per la N_{GF} e pari al 30% per la N_G. I poteri calorifici utilizzati nel calcolo stesso sono quelli normalmente utilizzati per ciascun combustibile considerato in condizioni standard (34,0 [MJ/m^3] per il gas naturale, 102,2 [MJ/m^3] per il GPL e 18,15 [MJ/m^3] per il gas di città).*

prospetto 2 **Temperature di verifica dell'aria esterna**[2)]

Località	Temperatura °C	Località	Temperatura °C
Torino	- 8	Pordenone	- 5
Alessandria	- 8	Udine	- 5
Asti	- 8	Bassa Carnia	- 7
Cuneo	- 10	Alta Carnia	- 10
Alta Valle Cuneese	- 15	Tarvisio	- 15
Novara	- 5	Bologna	- 5
Vercelli	- 7	Ferrara	- 5
Aosta	- 10	Forlì	- 5
Valle d'Aosta	- 15	Modena	- 5
Alta Valle d'Aosta	- 20	Parma	- 5
Genova	0	Piacenza	- 5
Imperia	0	Provincia di Piacenza	- 7
La Spezia	0	Ravenna	- 5
Savona	0	Reggio Emilia	- 5
Milano	- 5	Ancona	- 2
Bergamo	- 5	Ascoli Piceno	- 2
Brescia	- 7	Macerata	- 2
Como	- 5	Pesaro	- 2
Provincia di Como	- 7	Firenze	0
Cremona	- 5	Arezzo	0
Mantova	- 5	Grosseto L.	0
Pavia	- 5	Livorno	0
Sondrio	- 10	Lucca	0
Alta Valtellina	- 15	Massa Carrara	0
Varese	- 5	Pisa	0
Trento	- 12	Siena	- 2
Bolzano	- 15	Perugia	- 2
Venezia	- 5	Terni	- 2
Belluno	- 10	Roma	0
Padova	- 5	Frosinone	0
Rovigo	- 5	Latina	2
Treviso	- 5	Rieti	- 3
Verona	- 5	Viterbo	- 2
Verona (zona lago)	- 3	Napoli	2
Verona (zona montagna)	- 10	Avellino	- 2
Vicenza	- 5	Benevento	- 2
Vicenza (zona altopiani)	- 10	Caserta	0
Trieste	- 5	Salerno	2
Gorizia	- 5	L'Aquila	- 5

segue nella pagina successiva

2) I dati qui riportati sono desunti dall'Allegato 1 del DPR 28 Giugno 1977, N° 1052 "Regolamento di esecuzione alla Legge 30 Aprile 1976, N° 373".

Località	Temperatura °C	Località	Temperatura °C
continua dalla pagina precedente			
Chieti	0	Cosenza	- 3
Pescara	2	Palermo	5
Teramo	0	Agrigento	3
Campobasso	- 4	Caltanissetta	0
Bari	0	Catania	5
Brindisi	0	Enna	- 3
Foggia	0	Messina	5
Lecce	0	Ragusa	0
Taranto	0	Siracusa	5
Potenza	- 3	Trapani	5
Matera	- 2	Cagliari	3
Reggio Calabria	3	Nuoro	0
Catanzaro	- 2	Sassari	2

Ove si tratti di località non espressamente indicata adottare quale temperatura esterna quella della località più vicina indicata nell'elenco, modificandola:

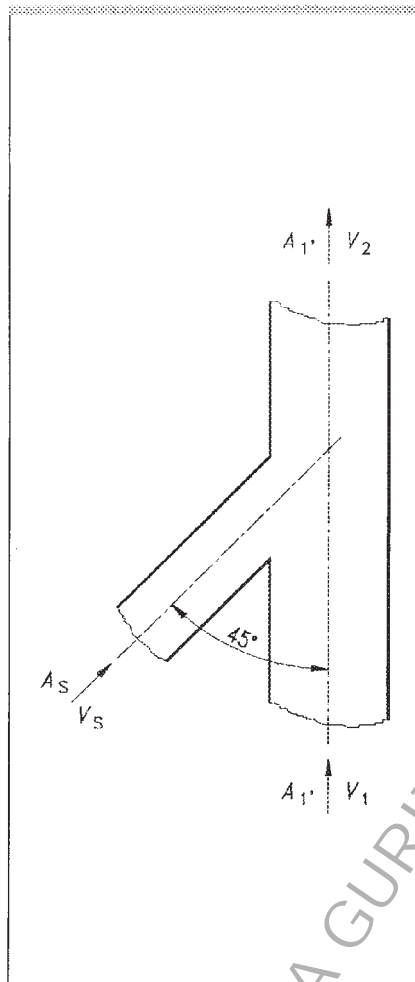
a) per tener conto della diversa altitudine sul livello del mare:
   temperatura invariata sino a circa 200 m di differenza di quota;
   diminuzione (o aumento) di 1 °C per ogni 200 m di quota maggiore (o minore) oltre i 200 m;

b) per tener conto della diversa situazione dell'ambiente esterno:
   temperatura invariata, salvo correzione di altezza, in un complesso urbano;
   diminuzione di 0,5 a 1 °C in piccoli agglomerati;
   diminuzione di 1 a 2 °C in edifici isolati;

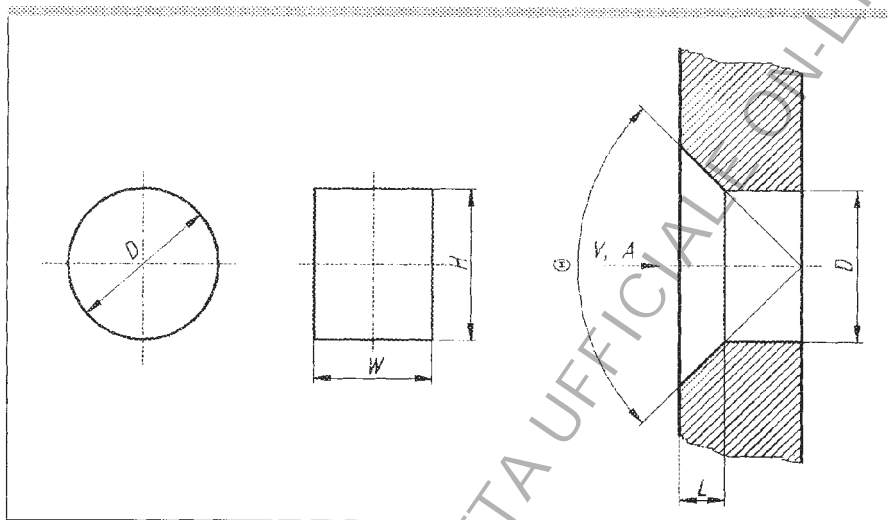
c) per tener conto dell'altezza degli edifici, limitatamente ai piani di altezza maggiore di quella degli edifici vicini [inclusa la diminuzione di cui in b)] diminuzione di 1 a 2 °C.

APPENDICE A COEFFICIENTI DI PERDITA LOCALIZZATA (VALORI INDICATIVI)
(informativa)

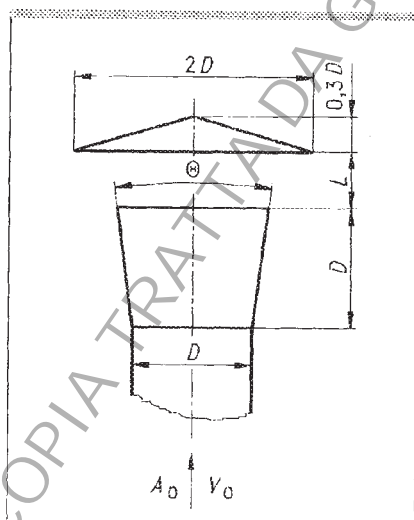
figura A.1 **Convergenza a 45°, rotonda**

prospetto A.1 **Convergenza a 45°, rotonda**

Secondario: ξ_S							
V_S/V_2	A_S/A_P						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
0,4	- 0,56	- 0,44	- 0,35	- 0,28	- 0,15	- 0,04	0,05
0,5	- 0,48	- 0,37	- 0,28	- 0,21	- 0,09	0,02	0,11
0,6	- 0,38	- 0,27	- 0,19	- 0,12	0,00	0,10	0,18
0,7	- 0,26	- 0,16	- 0,08	- 0,01	0,10	0,20	0,28
0,8	- 0,21	- 0,02	0,05	0,12	0,23	0,32	0,40
0,9	0,04	0,13	0,21	0,27	0,37	0,46	0,53
1,0	0,22	0,31	0,38	0,44	0,53	0,62	0,69
1,5	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8
2,0	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,5	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,4
3,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0

Primario: ξ_P							
V_1/V_2	A_S/A_P						
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
	- 8,6	- 4,1	- 2,5	- 1,7	- 0,97	- 0,58	- 0,34
0,2	- 6,7	- 3,1	- 1,9	- 1,3	- 0,67	- 0,36	- 0,18
0,3	- 5,0	- 2,2	- 1,3	- 0,88	- 0,42	- 0,19	- 0,05
0,4	- 3,5	- 1,5	- 0,88	- 0,55	- 0,21	- 0,05	0,05
0,5	- 2,3	- 0,95	- 0,51	- 0,28	- 0,06	0,06	0,13
0,6	- 1,3	- 0,50	- 0,22	- 0,09	0,05	0,12	0,17
0,7	- 0,63	- 0,18	- 0,03	0,04	0,12	0,16	0,18
0,8	- 0,18	0,01	0,07	0,10	0,13	0,15	0,17
0,9	0,03	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13
1,0	0,01	0,	0,	0,10	0,02	0,04	0,05

figura A.2 **Apertura svasata in un muro, rotonda o rettangolare**

prospetto A.2 **Apertura svasata in un muro, rotonda o rettangolare**
Se la sezione è rettangolare: D 2 · H · W/(H + W)

	ξ								
$\frac{L}{D}$	θ, gradi								
	0	10	20	30	40	60	100	140	180
0,025	0,50	0,47	0,45	0,43	0,41	0,40	0,42	0,45	0,50
0,05	0,50	0,45	0,41	0,36	0,33	0,30	0,35	0,40	0,50
0,075	0,50	0,42	0,35	0,30	0,26	0,23	0,30	0,40	0,50
0,10	0,50	0,39	0,32	0,25	0,22	0,18	0,27	0,38	0,50
0,15	0,50	0,37	0,27	0,20	0,16	0,15	0,25	0,37	0,50
0,60	0,50	0,27	0,18	0,13	0,11	0,12	0,23	0,36	0,50

figura A.3 **Comignolo**

prospetto A.3 **Comignolo**

	ξ_0				
θ	L/d				
gradi	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
0	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0
15	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60

APPENDICE B (informativa) ESEMPI DI CALCOLO

Nota *Per ogni verifica vengono riportati solo i risultati dell'ultima iterazione eseguita (tranne il primo caso del primo esempio in cui, a titolo esemplificativo vengono riportati anche i risultati della prima iterazione).*

B.1 Canna collettiva ramificata metallica

L'esempio prende in esame una canna collettiva ramificata in acciaio con un'altezza totale di 20 m. La canna, installata all'esterno, è al servizio di 6 caldaie murali (5 + 1 piani) di potenza termica unitaria pari a 24 kW ubicate una per piano. Il diametro interno del primario è di 300 mm e quello del secondario è di 150 mm, le resistenze termiche di parete del primario e del secondario sono rispettivamente pari a 0,50 e 0,44 [m K/W].

B.1.1 Dati

Grandezza	Unità di misura	Valore	Riferimento formule
Temperatura ambiente	K	293,15	
Altezza geodetica	m	120,0	
Costante dell'aria	J/(kg K)	288,0	
Capacità termica massica dell'aria	J/(kg K)	1 004,6	
Coefficiente liminare esterno CCR	W/(m^2 K)	23	
Coefficiente liminare esterno canali da fumo	W/(m^2 K)	8	
Numero di piani edificio	-	6	
Numero di piani collegati alla CCR	-	5 (+ 1)	
Fattore di correzione per temperatura non costante	-	0,5	
Coefficiente di sicurezza fluidodinamico	-	1,2	
Potere calorifico del gas	MJ/kg	50	
Costante dei fumi	J/(kg K)	293	
Forma della sezione del primario/secondario	CIRCOLARE		
Diametro idraulico interno del secondario	m	0,15	[8]
Diametro idraulico interno del primario	m	0,3	[8]
Diametro idraulico esterno del secondario	m	0,25	[8]
Diametro idraulico esterno del primario	m	0,4	[8]
Rugosità del primario/secondario	m	0,0005	
Resistenza termica di parete del secondario	m K/W	0,44	
Resistenza termica di parete del primario	m K/W	0,50	

segue nella pagina successiva

Grandezza	Unità di misura	Valore						Riferimento formule
continua dalla pagina precedente								
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	Riferimento formule
Diametri idraulici interni dei canali da fumo	m	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	[8]
Diametri idraulici esterni dei canali da fumo	m	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	[8]
Altezza dei canali da fumo	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Sviluppo dei canali da fumo	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Rugosità dei canali da fumo	m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Resistenza termica di parete canale da fumo	$(m^2 K)/W$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Coefficente di perdita localizzata canali da fumo	-	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
Coefficente perdita localizzata immissione secondario	-	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	
Altezza dei tratti di primario e dei secondari	m	3	3	3	3	3	5	
Sezione dell'apertura di ventilazione	m^2	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	
Sezione passaggio dell'interruttore di tiraggio	m^2	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	
Coefficente perdita fluidodinamica all'apertura ventilazione	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Coefficente perdita fluidodinamica all'interruttore di tiraggio	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Portata termica nominale	W	24 000						
Rendimento di combustione	%	90						
Eccesso d'aria	%	64						
Portata massica dei prodotti della combustione	kg/s	0,014						
Temperatura dei prodotti della combustione	°C	180						
Perdite di carico per attraversamento generatore	Pa	3						
Viscosità dinamica dei prodotti della combustione	Pa s	18e-6						
Capacità termica massica dei prodotti della combustione	J/(kg K)	1 040						
altezza geodetica	m	120						
pressione atmosferica	Pa	95 500						
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,13						[3]

B.1.2 **Risultati**

Nel caso 1 di cui in 8.1 (tutte le caldaie accese alla portata termica nominale) l'esempio evidenzia depressioni all'imbocco del canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) con valori compresi tra 8 e 19 Pa in condizioni di regime stazionario, maggiori dei 1+ 3 Pa richiesti rispettivamente per l'ingresso nel locale e per l'attraversamento del generatore.

Prima iterazione

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata di aria parassita	kg/s	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	
temperatura fumi ingresso	K	357	357	357	357	357	357	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	[22]
velocità media fumi	m/s	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	[23]
numero di Reynolds	-	19 044	19 044	19 044	19 044	19 044	19 044	[25]
fattore attrito tubo ruvido	-	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	[24]
fattore attrito tubo liscio	-	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	[24]
numero di Nusselt	-	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	65,6	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	[31]
temperatura fumi uscita	K	349	349	349	349	349	349	[32]
temperatura media fumi	K	353	353	353	353	353	353	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	[26]
pressione statica	Pa	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	[34]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	349	349	349	349	349	349	[21]
massa volumica media	kg/m³	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	[22]
velocità media fumi	m/s	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	[23]
Numero di Reynolds	-	16 505	16 505	16 505	16 505	16 505	16 505	[25]
fattore attrito tubo ruvido	-	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	[24]
fattore attrito tubo liscio	-	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	[24]
numero di Nusselt	-	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	[28]
coefficente globale di scambio termico	W/(m² K)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	[31]
temperatura fumi uscita	K	343	343	343	343	343	343	[32]
temperatura media fumi	K	346	346	346	346	346	346	[33]
pressione statica	Pa	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	[34]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,032	0,064	0,095	0,126	0,158	[20]
temperatura fumi ingresso	K		342,98	339,16	337,99	337,18	336,58	[21]
massa volumica media	kg/m³		0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	[22]
velocità media fumi	m/s		0,52	1,03	1,54	2,05	2,56	[23]
numero di Reynolds	-		8 252	16 505	24 757	33 010	41 262	[25]
fattore attrito tubo ruvido	-		0,035	0,030	0,028	0,027	0,026	[24]
fattore attrito tubo liscio	-		0,033	0,027	0,025	0,023	0,022	[24]
numero di Nusselt	-		25,4	48,5	69,6	89,6	108,9	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		5,0	5,0	7,0	9,0	10,9	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m² K)		2,1	2,1	2,4	2,6	2,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,17	0,08	0,06	0,05	0,07	[31]
temperatura fumi uscita	K		335,34	335,49	335,24	334,97	333,55	[32]
temperatura media fumi	K		339,06	337,30	336,60	336,07	335,04	[33]
temperatura di parete uscita	K		333,94	334,78	334,86	334,74	333,28	[46]
pressione statica fumi	Pa		5,33	5,01	4,91	4,84	7,99	[34]

Ultima iterazione

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,029	0,024	0,021	0,018	0,017	0,014	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,043	0,038	0,035	0,032	0,031	0,028	[20]
temperatura fumi ingresso	K	340.26	346,51	350,56	354,71	359,15	364,88	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	[22]
velocità media fumi	m/s	3,7	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	[23]
numero di Reynolds	-	25 850	22 820	21 210	19 781	18 450	16 975	[25]
fattore attrito tubo ruvido	-	0,037	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	[24]
fattore attrito tubo liscio	-	0,024	0,025	0,026	0,026	0,026	0,027	[24]
numero di Nusselt	-	87,6	77,9	72,7	68,0	63,6	58,7	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	20,2	18,0	16,8	15,7	14,7	13,6	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	9,0	8,5	8,3	8,0	7,7	7,4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	[31]
temperatura fumi uscita	K	335,28	340,49	343,83	347,24	350,88	355,55	[32]
temperatura media fumi	K	337,72	343,44	347,13	350,90	354,92	360,11	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	4,32	3,44	3,01	2,66	2,35	2,03	[26]
pressione statica	Pa	0,49	0,54	0,57	0,59	0,63	0,67	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	18,81	13,83	11,51	9,62	8,03	6,44	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,07						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	335,28	340,49	343,83	347,24	350,88	355,55	[21]
massa volumica media	kg/m^3	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	[22]
velocità media fumi	m/s	2,8	2,5	2,3	2,2	2,1	1,9	[23]
numero di Reynolds	-	22 403	19 777	18 382	17 143	15 990	14 712	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,032	0,032	0,032	0,033	0,033	0,033	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,025	0,026	0,026	0,027	0,027	0,028	[24]
numero di Nusselt	-	68,0	60,6	56,7	53,1	49,8	46,1	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	13,6	12,1	11,3	10,6	10,0	9,2	[28]
coefficente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,21	[31]
temperatura fumi uscita	K	331,53	335,87	338,62	341,40	344,34	343,60	[32]
temperatura media fumi	K	333,38	338,14	341,18	344,27	347,55	349,36	[33]
pressione statica	Pa	4,7	5,1	5,4	5,7	6,0	10,5	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	0,0	3,0	0,9	0,2	- 0,1	-	-
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	4,20	5,76	4,53	3,18	1,92	2,74	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	22,64	16,74	13,95	11,69	9,75	7,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,043	0,080	0,116	0,148	0,179	[20]
temperatura fumi ingresso	K		331,53	331,21	331,66	332,21	332,84	[21]
massa volumica media	kg/m^3		0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	[22]
velocità media fumi	m/s		0,68	1,29	1,85	2,38	2,87	[23]
numero di Reynolds	-		11 202	21 090	30 281	38 853	46 848	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,033	0,029	0,027	0,026	0,026	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,030	0,026	0,023	0,022	0,021	[24]
numero di Nusselt	-		34,0	60,4	83,1	103,3	121,6	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		5,0	6,0	8,3	10,3	12,2	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)		2,1	2,3	2,6	2,8	2,9	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,12	0,07	0,05	0,05	0,07	[31]
temperatura fumi uscita	K		327,10	328,63	329,61	330,48	330,33	[32]
temperatura media fumi	K		329,27	329,90	330,63	331,34	331,57	[33]
temperatura di parete uscita	K		326,27	328,21	329,37	330,31	330,13	[46]
pressione statica fumi	Pa		4,36	4,33	4,37	4,42	7,46	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 3,3	- 0,6	- 0,1	0,0	0,0	-	-
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,76	- 0,42	0,04	0,48	0,93	1,74	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	22,92	22,16	17,38	13,09	9,20	5,71	[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (solo la caldaia più bassa accesa al minimo del carico 9,6 kW, 0,014 kg/s e 120 °C all'uscita del generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 10 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,019	0,019	0,016	0,014	0,012	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,033	0,019	0,016	0,014	0,012	0,007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	331,37	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,99	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	2,8	1,4	1,2	1,0	0,9	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	19 900	11 298	9 632	8 237	6 980	4 089	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,038	0,040	0,041	0,042	0,043	0,047	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,026	0,030	0,031	0,033	0,034	0,040	[24]
numero di Nusselt	-	68,4	39,5	33,6	28,6	24,1	13,1	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	15,8	9,1	7,8	6,6	5,6	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	8,0	5,8	5,2	4,7	4,1	3,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,13	0,17	0,18	0,19	0,20	0,31	[31]
temperatura fumi uscita	K	326,75	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	329,01	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	2,52	0,75	0,55	0,41	0,30	0,11	[26]
pressione statica	Pa	0,41	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	9,74	5,51	3,99	2,92	2,12	0,75	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,04						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	326,75	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,00	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	2,1	1,1	0,9	0,8	0,7	0,4	[23]
numero di Reynolds	-	17 247	9 792	8 348	7 138	6 050	3 544	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,033	0,036	0,037	0,038	0,039	0,044	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,027	0,031	0,032	0,034	0,035	0,041	[24]
numero di Nusselt	-	53,4	31,3	26,7	22,8	19,2	10,4	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	10,7	6,3	5,3	5,0	5,0	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3,1	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,11	0,17	0,19	0,21	0,25	0,72	[31]
temperatura fumi uscita	K	323,14	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	324,91	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[33]
pressione statica	Pa	3,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	0,0	1,2	0,2	- 0,2	- 0,3		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	2,47	1,13	0,65	0,29	- 0,02	0,16	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	11,85	6,21	4,49	3,28	2,36	0,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,033	0,051	0,068	0,081	0,093	[20]
temperatura fumi ingresso	K		323,14	309,46	304,41	301,81	300,22	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,01	1,05	1,07	1,08	1,09	[22]
velocità media fumi	m/s		0,51	0,77	0,99	1,18	1,34	[23]
numero di Reynolds	-		8 623	13 519	17 693	21 262	24 287	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,034	0,031	0,030	0,029	0,028	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,032	0,029	0,027	0,025	0,025	[24]
numero di Nusselt	-		26,5	40,5	51,6	60,8	68,5	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		5,0	5,0	5,2	6,1	6,8	[28]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,16	0,10	0,08	0,07	0,11	[31]
temperature fumi uscita	K		318,72	307,89	303,56	301,22	299,50	[32]
temperatura media fumi	K		320,87	308,66	303,98	301,51	299,86	[33]
temperatura di parete uscita	K		317,91	307,59	303,40	301,13	299,41	[46]
pressione statica fumi	Pa		3,61	2,29	1.78	1,51	2,23	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 3,3	- 0,2	0,0	0,1	0,1		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,44	- 0,01	0,10	0,20	0,28	0,46	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	10,83	10,39	6,77	4,58	2,99	1,77	[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 (solo la caldaia più alta connessa con la CCR accesa al massimo del carico) la depressione all'imbocco del canale da fumo relativo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 7 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,018	0,016	0,015	0,015	0,013	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,018	0,016	0,015	0,015	0,027	0,007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	293,15	293,15	293,15	293,15	368,01	293,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m³	1,11	1,11	1,11	1,11	0,90	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	1,3	1,2	1,2	1,1	2,5	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	10 747	9 846	9 423	9 093	16 267	4 144	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,040	0,041	0,041	0,041	0,039	0,047	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,030	0,031	0,031	0,032	0,027	0,039	[24]
numero di Nusselt	-	37,5	34,4	32,9	31,7	56,4	13,3	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	8,7	7,9	7,6	7,3	13,0	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	5,6	5,3	5,2	5,0	7,2	3,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 041	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,17	0,18	0,18	0,18	0,14	0,31	[31]
temperatura fumi uscita	K	293,15	293,15	293,15	293,15	358,08	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	293,15	293,15	293,15	293,15	362,92	293,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	0,68	0,58	0,53	0,50	1,88	0,11	[26]
pressione statica	Pa	0,06	0,06	0,06	0,06	0,69	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	4,98	4,18	3,83	3,57	5,74	0,74	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,02						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	293,15	293,15	293,15	293,15	358,08	293,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,11	1,11	1,11	1,11	0,91	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	1,0	0,9	0,9	0,9	1,9	0,4	[23]
numero di Reynolds	-	9 314	8 533	8 166	7 881	14 098	3 591	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,036	0,037	0,037	0,037	0,034	0,044	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,031	0,032	0,033	0,033	0,028	0,041	[24]
numero di Nusselt	-	29,8	27,3	26,1	25,2	44,3	10,6	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	6,0	5,5	5,2	5,0	8,9	5,0	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2,5	2,4	2,4	2,3	2,9	2,3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 041	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,18	0,19	0,19	0,20	0,13	0,71	[31]
temperatura fumi uscita	K	293,15	293,15	293,15	293,15	350,09	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	293,15	293,15	293,15	293,15	354,00	293,15	[33]
pressione statica	Pa	0,6	0,6	0,6	0,6	6,5	0,9	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	0,0	2,9	0,9	0,2	1,2		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	0,69	0,96	0,79	0,60	3,00	0,17	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	5,61	4,70	4,30	4,00	6,94	0,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,018	0,034	0,050	0,065	0,092	[20]
temperatura fumi ingresso	K		293,15	293,15	293,15	293,15	309,88	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,11	1,11	1,11	1,11	1,05	[22]
velocità media fumi	m/s		0,25	0,48	0,70	0,91	1,37	[23]
numero di Reynolds	-		4 657	8 924	13 007	16 947	23 996	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,040	0,034	0,032	0,030	0,028	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,038	0,032	0,029	0,027	0,025	[24]
numero di Nusselt	-		14,0	27,4	39,0	49,7	67,7	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		5,0	5,0	5,0	5,0	6,8	[28]
coefficente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		2,1	2,1	2,1	2,1	2,4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,30	0,15	0,11	0,08	0,11	[31]
temperatura fumi uscita	K		293,15	293,15	293,15	293,15	308,17	[32]
temperatura media fumi	K		293,15	293,15	293,15	293,15	309,01	[33]
temperatura di parete uscita	K		293,15	293,15	293,15	293,15	307,93	[46]
pressione statica fumi	Pa		0,57	0,57	0,57	0,57	3,89	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 3,3	- 0,6	- 0,1	0,0	- 0,2		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,12	- 0,07	0,01	0,08	- 0,04	0,47	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	5,84	5,73	5,09	4,53	4,04	3,43	[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa accesa al massimo del carico con temperature esterne pari a - 5 °C come dal prospetto 2) la temperatura di uscita risulta pari a 8 °C contro una temperatura di rugiada di 7 °C. Tuttavia la velocità minima nella CCR risulta pari a 0,65 m/s, mentre il valore minimo dovrebbe essere pari a 0,8 m/s. Risulta quindi necessario prendere in considerazione un diametro minore ed eseguire nuovamente il calcolo.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,028	0,026	0,022	0,019	0,015	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,042	0,026	0,022	0,019	0,015	0,007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	322,86	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	1,02	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	[22]
velocità media fumi	m/s	3,5	1,8	1,5	1,3	1,1	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	25 736	15 512	13 154	11 158	9 350	4 526	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,037	0,039	0,039	0,040	0,041	0,046	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,024	0,028	0,029	0,030	0,031	0,038	[24]
numero di Nusselt	-	87,2	53,8	45,9	39,0	32,6	14,8	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	20,1	12,4	10,6	9,0	7,5	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	5,8	4,9	4,6	4,3	3,9	3,1	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,07	0,11	0,12	0,13	0,14	0,23	[31]
temperatura fumi uscita	K	319,06	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[32]
temperatura media fumi	K	320,94	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	4,07	1,27	0,92	0,67	0,48	0,12	[26]
pressione statica	Pa	0,65	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	17,03	9,50	6,83	4,91	3,45	0,81	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,08						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	319,06	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,02	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	[22]
velocità media fumi	m/s	2,6	1,3	1,1	1,0	0,8	0,8	[23]
numero di Reynolds	-	22 305	13 444	11 400	9 670	8 103	8 103	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,032	0,034	0,035	0,036	0,037	0,037	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,025	0,029	0,030	0,031	0,033	0,033	[24]
numero di Nusselt	-	67,7	42,3	36,2	30,9	25,9	25,9	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	13,5	8,5	7,2	6,2	5,2	5,2	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,05	0,08	0,10	0,11	0,12	0,12	[31]
temperatura fumi uscita	K	316,42	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[32]
temperatura media fumi	K	317,73	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[33]
pressione statica	Pa	6,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	0,0	1,2	0,2	- 0,2	- 0,3		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	3,97	1,88	1,07	0,44	- 0,08	0,18	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	20,44	10,71	7,69	5,52	3,87	0,87	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,042	0,069	0,090	0,108	0,125	[20]
temperatura fumi ingresso	K		316,42	296,00	288,25	284,17	281,70	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,03	1,10	1,13	1,15	1,16	[22]
velocità media fumi	m/s		0,65	0,97	1,25	1,49	1,68	[23]
numero di Reynolds	-		11 152	17 874	23 574	28 409	32 461	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,033	0,030	0,028	0,028	0,027	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,030	0,027	0,025	0,024	0,023	[24]
numero di Nusselt	-		33,9	52,1	66,7	78,6	88,3	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		5,0	5,2	6,7	7,9	8,8	[28]
coefficente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,08	0,05	0,04	0,03	0,05	[31]
temperatura fumi uscita	K		312,78	294,65	287,46	283,64	281,03	[32]
temperatura media fumi	K		314,58	295,32	287,85	283,90	281,36	[33]
temperatura di parete uscita	K		312,08	294,40	287,35	283,57	280,96	[46]
pressione statica fumi	Pa		6,08	3,99	3,12	2,64	3,91	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 3,3	- 0,2	0,0	0,1	0,1		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,72	- 0,03	0,16	0,32	0,46	0,74	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	18,79	18,07	11,96	8,14	5,34	3,17	[35]

Il nuovo diametro interno del primario usato per il calcolo è di 250 mm mentre quello del secondario rimane uguale al tentativo precedente. Pertanto i nuovi diametri e le resistenze termiche risultano come segue:

B.1.3 Dati di ingresso

			Riferimento formule
Diametro idraulico interno del secondario	m	0,150	[8]
Diametro idraulico interno del primario	m	0,250	[8]
Diametro idraulico esterno del secondario	m	0,250	[8]
Diametro idraulico esterno del primario	m	0,350	[8]
Resistenza termica di parete del secondario	m K/W	0,44	
Resistenza termica di parete del primario	m K/W	0,48	

B.1.4 Risultati del calcolo

Nel caso 1 di cui in 8.1 risultano depressioni all'imbocco del canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) con valori compresi tra 7 e 14 Pa in condizioni di regime stazionario.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,025	0,021	0,019	0,017	0,016	0,014	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,039	0,035	0,033	0,031	0,030	0,028	[20]
temperatura fumi ingresso	K	345,53	350,08	354,29	357,97	360,32	364,89	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	[22]
velocità media fumi	m/s	3,4	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	[23]
numero di Reynolds	-	23 247	21 391	19 915	18 787	18 130	16 974	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,025	0,025	0,026	0,026	0,027	0,027	[24]
numero di Nusselt	-	79,3	73,3	68,5	64,7	62,6	58,7	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	18,3	16,9	15,8	14,9	14,4	13,6	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	8,6	8,3	8,0	7,8	7,6	7,4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14	[31]
temperatura fumi uscita	K	339,67	343,43	346,90	349,91	351,83	355,55	[32]
temperatura media fumi	K	342,54	346,69	350,52	353,85	355,98	360,11	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	3,56	3,06	2,69	2,43	2,28	2,03	[26]
pressione statica	Pa	0,53	0,56	0,59	0,62	0,64	0,67	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	14,42	11,69	9,74	8,38	7,65	6,44	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,09						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	339,67	343,43	346,90	349,91	351,83	355,55	[21]
massa volumica media	kg/m^3	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	[22]
velocità media fumi	m/s	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	[23]
numero di Reynolds	-	20 148	18 539	17 260	16 282	15 712	14 711	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,032	0,032	0,033	0,033	0,033	0,033	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,026	0,026	0,027	0,027	0,027	0,028	[24]
numero di Nusselt	-	61,7	57,1	53,5	50,7	49,0	46,1	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	12,3	11,4	10,7	10,1	9,8	9,2	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,21	[31]
temperatura fumi uscita	K	335,19	338,29	341,13	343,56	345,11	343,60	[32]
temperatura media fumi	K	337,40	340,82	343,96	346,67	348,40	349,37	[33]
pressione statica	Pa	5,1	5,4	5,6	5,9	6,0	10,5	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	7,0	1,3	0,2	- 0,1	- 0,2		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	6,21	4,79	3,32	1,93	0,60	2,74	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	17,44	14,19	11,84	10,19	9,29	7,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,039	0.074	0,108	0,138	0,168	[20]
temperatura fumi ingresso	K		335,19	334,28	334,40	334,75	335,09	[21]
massa volumica media	kg/m^3		0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	[22]
velocità media fumi	m/s		0,90	1,71	2,48	3,20	3,91	[23]
numero di Reynolds	-		12 089	23 212	33 568	43 337	52 764	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,033	0,029	0,028	0,027	0,026	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,029	0,025	0,023	0,022	0,021	[24]
numero di Nusselt	-		36,9	66,7	92,5	115,8	137,7	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		5,0	8,0	11,1	13,9	16,5	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)		2,2	2,6	2,9	3,1	3,2	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,12	0,07	0,06	0,05	0,06	[31]
temperatura fumi uscita	K		330,58	331,40	332,18	332,91	332,49	[32]
temperatura media fumi	K		332,84	332,82	333,28	333,82	333,78	[33]
temperatura di parete uscita	K		329,71	331,05	331,99	332,78	332,34	[46]
pressione statica fumi	Pa		4,68	4,60	4,61	4,64	7,78	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 2,0	- 0,3	0,0	0,1	0,1		
caduta pressione perdita fluidodinamiche primario	Pa	- 0,79	- 0,31	0,50	1,34	2,26	3,91	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	19,38	18,60	13,61	9,51	6,24	3,87	[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 la depressione all'imbocco del canale da fumo relativo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 8 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,017	0,018	0,015	0,013	0,010	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,031	0,018	0,015	0,013	0,010	0,007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	334,23	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,98	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	2,6	1,3	1,1	1,0	0,7	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	18 516	10 683	8 983	7 719	5 955	4 144	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,038	0,040	0,041	0,042	0,044	0,047	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,026	0,030	0,032	0,033	0,036	0,039	[24]
numero di Nusselt	-	63,9	37,3	31,3	26,8	20,3	13,3	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	14,7	8,6	7,2	6,2	5,0	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	7,7	5,6	5,0	4,5	3,8	3,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,13	0,17	0,18	0,19	0,21	0,31	[31]
temperatura fumi uscita	K	329,09	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	331,60	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	2,21	0,67	0,48	0,36	0,22	0,11	[26]
pressione statica	Pa	0,44	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	8,06	4,91	3,47	2,56	1,53	0,74	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,09						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	329,09	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	0,99	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	1,9	1,0	0,8	0,7	0,6	0,4	[23]
numero di Reynolds	-	16 047	9 259	7 785	6 690	5 161	3 591	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,033	0,036	0,037	0,038	0,041	0,044	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,027	0,032	0,033	0,034	0,037	0,041	[24]
numero di Nusselt	-	50,0	29,6	24,9	21,3	16,2	10,6	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	10,0	5,9	5,0	5,0	5,0	5,0	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3,0	2,5	2,3	2,3	2,3	2,3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,12	0,18	0,20	0,23	0,30	0,71	[31]
temperatura fumi uscita	K	325,03	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	327,02	293,15	293,15	293,15	293,15	293,15	[33]
pressione statica	Pa	4,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,9	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	7,0	0,3	- 0,1	- 0,3	0,0		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	3,85	0,88	0,38	0,00	0,23	0,17	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	9,84	5,53	3,90	2,87	1,69	0,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,031	0,049	0,063	0,076	0,086	[20]
temperatura fumi ingresso	K		325,03	310,62	305,28	302,46	300,82	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,00	1,05	1,07	1,08	1,08	[22]
velocità media fumi	m/s		0,69	1,04	1,34	1,59	1,79	[23]
numero di Reynolds	-		9 628	15 184	19 855	23 869	26 966	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,034	0,031	0,030	0,029	0,028	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,031	0,028	0,026	0,025	0,024	[24]
numero di Nusselt	-		29,7	45,5	58,0	68,4	76,2	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		5,0	5,5	7,0	8,2	9,1	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)		2,2	2,3	2,5	2,7	2,7	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,15	0,10	0,08	0,07	0,11	[31]
temperatura fumi uscita	K		320,70	309,02	304,34	301,82	300,04	[32]
temperatura media fumi	K		322,81	309,80	304,81	302,14	300,42	[33]
temperatura di parete uscita	K		319,89	308,74	304,21	301,75	299,95	[46]
pressione statica fumi	Pa		3,78	2,41	1,87	1,58	2,34	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 2,0	0,0	0,1	0,1	0,1		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,48	0,07	0,28	0,46	0,63	0,99	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	10,03	9,54	5,83	3,71	2,30	1,35	[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 6 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,016	0,015	0,014	0,014	0,013	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,016	0,015	0,014	0,014	0,027	0,007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	293,15	293,15	293,15	293,15	367,99	293,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m³	1,11	1,11	1,11	1,11	0,90	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	1,2	1,1	1,1	1,1	2,5	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	9 600	9 119	8 786	8 610	16 270	4 144	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,041	0,041	0,041	0,041	0,039	0,047	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,031	0,032	0,032	0,032	0,027	0,039	[24]
numero di Nusselt	-	33,5	31,8	30,6	30,0	56,4	13,3	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	7,7	7,3	7,1	6,9	13,0	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	5,2	5,1	4,9	4,9	7,2	3,8	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 041	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,18	0,18	0,19	0,19	0,14	0,31	[31]
temperatura fumi uscita	K	293,15	293,15	293,15	293,15	358,07	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	293,15	293,15	293,15	293,15	362,91	293,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	0,55	0,50	0,46	0,45	1,88	0,11	[26]
pressione statica	Pa	0,06	0,06	0,06	0,06	0,69	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	3,97	3,58	3,32	3,19	5,73	0,74	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,05						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	293,15	293,15	293,15	293,15	358,07	293,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,11	1,11	1,11	1,11	0,91	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s	0,9	0,9	0,8	0,8	1,9	0,4	[23]
numero di Reynolds	-	8 320	7 903	7 615	7 462	14 101	3 591	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,037	0,037	0,037	0,038	0,034	0,044	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,032	0,033	0,033	0,033	0,028	0,041	[24]
numero di Nusselt	-	26,6	25,3	24,3	23,9	44,3	10,6	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5,3	5,1	5,0	5,0	8,9	5,0	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2,4	2,3	2,3	2,3	2,9	2,3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 041	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,19	0,19	0,20	0,[21]	0,13	0,71	[31]
temperatura fumi uscita	K	293,15	293,15	293,15	293,15	350,08	293,15	[32]
temperatura media fumi	K	293,15.	293,15	293,15	293,15	353,98	293,15	[33]
pressione statica	Pa	0,6	0,6	0,6	0,6	6,5	0,9	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	6,8	1,2	0,2	- 0,1	0,4		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	0,95	0,77	0,58	0,39	2,59	0,17	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	4,46	4,02	3,73	3,58	6,93	0,80	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,016	0,031	0,046	0,059	0,087	[20]
temperatura fumi ingresso	K		293,15	293,15	293,15	293,15	310,83	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,11	1,11	1,11	1,11	1,05	[22]
velocità media fumi	m/s		0,32	0,63	0,93	1,22	1,87	[23]
numero di Reynolds	-		4 992	9 734	14 303	18 780	27 241	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,040	0,034	0,032	0,030	0,028	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,037	0,031	0,028	0,026	0,024	[24]
numero di Nusselt	-		15,2	30,0	43,1	55,2	76,9	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		5,0	5,0	5,2	6,6	9,2	[28]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		2,2	2,2	2,2	2,5	2,7	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,28	0,14	0,10	0,08	0,11	[31]
temperatura fumi uscita	K		293,15	293,15	293,15	293,15	309,03	[32]
temperatura media fumi	K		293,15	293,15	293,15	293,15	309,91	[33]
temperatura di parete uscita	K		293,15	293,15	293,15	293,15	308,84	[46]
pressione statica fumi	Pa		0,57	0,57	0,57	0,57	4,05	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 2,0	- 0,3	0,0	0,1	- 0,1		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,12	- 0,05	0,08	0,23	0,18	1,04	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	4,96	4,84	4,22	3,74	3,40	3,01	[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 la temperatura di uscita risulta pari a 9 °C contro una temperatura di rugiada di 7 °C. La velocità minima ammissibile nella CCR risulta pari a 0,7 m/s, mentre il minimo valore calcolato risulta 0,9 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,026	0,024	0,021	0,017	0,013	0,007	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,040	0,024	0,021	0,017	0,013	0.007	[20]
temperatura fumi ingresso	K	326,88	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	1,00	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	[22]
velocità media fumi	m/s	3,3	1,7	1,4	1,2	0,9	0,5	[23]
numero di Reynolds	-	23 978	14 732	12 347	10 525	7 946	4 539	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,037	0,039	0,040	0,040	0,042	0,046	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,025	0,028	0,029	0,030	0.033	0,038	[24]
numero di Nusselt	-	81,6	51,2	43,1	36,8	27,6	14,9	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	18,8	11,8	9,9	8,5	6,4	5,0	[28]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	5,7	4,8	4,5	4,1	3,6	3,1	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,08	0,11	0,12	0,13	0,15	0,23	[31]
temperatura fumi uscita	K	322,59	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[32]
temperatura media fumi	K	324,71	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	3,58	1,15	0,82	0,60	0,35	0,12	[26]
pressione statica	Pa	0,69	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	14,26	8,55	6,00	4,36	2,49	0,81	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,06						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	322,59	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,01	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	[22]
velocità media fumi	m/s	2,5	1,3	1,1	0,9	0,7	0,4	[23]
numero di Reynolds	-	20 781	12 768	10 700	9 122	6 887	3 934	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,032	0,034	0,035	0,036	0,038	0,043	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,026	0,029	0,030	0,032	0,034	0,040	[24]
numero di Nusselt	-	63,5	40,3	34,1	29,2	22,0	11,8	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	12,7	8,1	6,8	5,8	5,0	5,0	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 041	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,06	0,09	0,10	0,11	0,14	0,42	[31]
temperatura fumi uscita	K	319,59	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[32]
temperatura media fumi	K	321,08	268,15	268,15	268,15	268,15	268,15	[33]
pressione statica	Pa	6,7	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	7,0	0,3	- 0,1	- 0,3	0,0		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	6,25	1,46	0,61	- 0,04	0,36	0,18	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	17,16	9,63	6,76	4,90	2,78	0,87	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,040	0,064	0,085	0,102	0,116	[20]
temperatura fumi ingresso	K		319,59	297,79	289,56	285,22	282,78	[21]
massa volumica media	kg/m³		1,02	1,09	1,13	1,14	1,15	[22]
velocità media fumi	m/s		0,88	1,32	1,70	2,02	2,26	[23]
numero di Reynolds	-		12 468	20 129	26 549	32 022	36 154	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,032	0,030	0,029	0,028	0,027	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,029	0,026	0,024	0,023	0,022	[24]
numero di Nusselt	-		37,9	58,7	75,2	88,8	98,8	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		5,0	7,0	9,0	10,7	11,9	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)		1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 041	1 041	1 041	1 041	1 041	
fattore raffreddamento	-		0,07	0,05	0,04	0,03	0,05	[31]
temperatura fumi uscita	K		316,01	296,38	288,74	284,67	282,07	[32]
temperatura media fumi	K		317,78	297,08	289,15	284,94	282,42	[33]
temperatura di parete uscita	K		315,32	296,19	288,65	284,62	282,01	[46]
pressione statica fumi	Pa		6,38	4,18	3,27	2,76	4,12	[34]
coefficente perdita localizzata uscita primario	-	- 2,0	0,0	0,1	0,1	0,1		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,80	0,11	0,46	0,76	1,03	1,61	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	17,54	16,75	10,48	6,75	4,24	2,51	[35]

Questo dimensionamento comporta buone condizioni di funzionamento della CCR; essa può quindi essere ritenuta accettabile ai fini della presente norma.

B.2 **Canna collettiva ramificata in conglomerato (RT = 0,10 [m K/W])**

L'esempio prende in esame una canna collettiva ramificata in conglomerato con un'altezza totale di 20 m. La canna è al servizio di 6 caldaie murali (5 piani + 1) di potenza termica unitaria pari a 24 kW ubicate una per piano. È installata all'interno dell'edificio e inserita nella muratura perimetrale e viene considerata esposta all'esterno per il 33% della superficie (la porzione oltre il tetto è completamente all'esterno). Le sezioni interne del secondario e del primario sono rettangolari e rispettivamente pari a 15 × 20 cm e 20 × 25 cm. Per le resistenze termiche di parete del primario e del secondario va tenuto presente che sono inserite in una struttura di muratura per cui la resistenza termica va aumentata di conseguenza. Si utilizzano quindi rispettivamente i valori 0,133 m K/W e 0,142 m K/W. Per quanto riguarda la temperatura esterna anch'essa va mediata secondo lo stesso coefficiente (33% della superficie esposta all'esterno) come anche il coefficiente liminare esterno. L'installazione prevista è in prossimità del mare nel nord Italia ad una quota geodetica di 0 m e con una temperatura di progetto (prospetto 2) pari a 0 °C che mediata dà 13 °C (con una temperatura interna di 20 °C).

B.2.1 **Dati**

			Riferimento formule
Temperatura ambiente	K	293,15	
Altezza geodetica	m	0,0	
Costante dell'aria	J/(kg K)	288,0	
Capacità termica massica dell'aria	J/(kg K)	1 004,6	
Coefficiente liminare esterno CCR	W/(m^2 K)	11,7	[10]
Coefficiente liminare esterno c.d.f.	W/(m^2 K)	8,00	
numero di piani collegati alla CCR	-	5 + 1	
Fattore di correzione per temperatura non costante	-	0,5	
Coefficiente di sicurezza fluidodinamiche	-	1,2	
Potere calorifico del gas	MJ/kg	50	
Costante dei fumi	J/(kg K)	300	
Forma del primario/secondario	Rettangolare		
Lato della sezione interna del secondario	m	0,15	
Lato della sezione interna del secondario	m	0,20	
Lato della sezione interna del primario	m	0,20	
Lato della sezione interna del primario	m	0,25	
Lato della sezione esterna	m	0,56	
Lato della sezione esterna	m	0,30	
Fattore di correzione superficie perimetrale per il calcolo del fattore di raffreddamento	-	0,75	
Rugosità del primario/secondario	m	0,002	
Resistenza termica di parete del secondario	m K/W	0,133	
Resistenza termica di parete del primario	m K/W	0,142	

segue nella pagina successiva

piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	Riferimento formule
continua dalla pagina precedente								
Diametro interno canali da fumo	m	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	[8]
Diametro esterno canali da fumo	m	0,132	0,132	0,132	0,132	0.132	0,132	[8]
Altezza dei canali da fumo	m	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
Sviluppo dei canali da fumo	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	
Rugosità dei canali da fumo	m	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Resistenza termica di parete canale da fumo	$(m^2 K)/W$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Coefficiente perdita localizzata canali da fumo	-	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
Coefficiente perdite localizzata immissione secondario	-	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	
Altezza tratti primario e secondario	m	3	3	3	3	3	5	
Sezione dell'apertura ventilazione	m^2	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	
Sezione di passaggio dell'interruttore di tiraggio	m^2	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	
Coefficiente perdite fluidodinamiche aperta di ventilazione	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Coefficiente perdite fluidodinamiche dell'interruttore di tiraggio	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
Portata termica	W	24 000						
Rendimento di combustione	%	90						
Eccesso d'aria	%	64						
Portata massica dei prodotti della combustione	kg/s	0,014						
Temperatura dei prodotti della combustione	K	453						
Viscosità dinamica dei prodotti della combustione	Pa s	1,80E-05						
Capacità termica massima dei prodotti della combustione	J/(kg K)	1 040						
altezza geodetica	m	0						
pressione atmosferica	Pa	97 000						
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,15						[3]

B.2.2 **Risultati**

Nel caso 1 di cui in 8.1 (tutte le caldaie accese al massimo del carico) l'esempio evidenzia depressioni all'imbocco del canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) con valori compresi tra 6 e 13 Pa in condizioni di regime stazionario, maggiori di 1 + 3 Pa richiesti rispettivamente per l'ingresso nel locale e nell'interruttore di tiraggio.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,024	0,020	0,017	0,018	0,014	0,017	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,038	0,034	0,033	0,029	0,028	0,031	[20]
temperatura fumi ingresso	K	347	352	357	362	365	360	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,96	0,95	0,94	0,92	0,92	0,93	[22]
velocità media fumi	m/s	3,3	3,0	2,8	2,6	2,6	2,7	[23]
numero di Reynolds	-	22 757	20 736	19 130	17 656	16 898	18 332	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	[24]
numero di Nusselt	-	62	57	53	50	48	51	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	14	13	12	11	11	12	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	8	7	7	7	7	7	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	[31]
temperatura fumi uscita	K	341	346	350	354	357	352	[32]
temperatura media fumi	K	344	349	353	358	361	356	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	2,7	2,3	2,0	1,8	1,6	1,9	[26]
pressione statica	Pa	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	13,4	10,6	8,6	7,0	6,2	7,7	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,06						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	341	346	350	354	357	352	[21]
massa volumica media	kg/m^3	0,970	0,958	0,947	0,935	0,928	0,940	[22]
velocità media fumi	m/s	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	[23]
numero di Reynolds	-	13 277	12 098	11 161	10 301	9 859	10 696	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	[24]
numero di Nusselt	-	50	45	42	38	37	40	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	9	8	7	7	6	7	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	5	5	4	4	4	4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,42	[31]
temperatura fumi uscita	K	331	334	337	340	342	332	[32]
temperatura media fumi	K	336	340	343	347	349	341	[33]
pressione statica	Pa	5	6	6	6	7	10	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	2,39	0,28	-0,05	0,00	0,00		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	2,52	1,78	1,10	1,06	0,98	1,49	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	15,6	12,3	10,0	8,1	7,2	9,0	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,038	0,072	0,104	0,134	0,162	[20]
temperatura fumi ingresso	K		331	329	328	327	327	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	[22]
velocità media fumi	m/s		0,8	1,6	2,3	2,9	3,5	[23]
numero di Reynolds	-		10 327	19 736	28 417	36 429	44 098	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	[24]
numero di Nusselt	-		37	70	99	124	148	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		5	9	13	17	20	[28]
coefficente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		3	5	6	6	7	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-		0,21	0,16	0,13	0,11	0,16	[31]
temperatura fumi uscita	K		324	324	324	324	322	[32]
temperatura media fumi	K		328	326	326	326	325	[33]
temperatura di parete uscita	K		323	323	324	324	322	[46]
pressione statica fumi	Pa		5	4	4	4	7	[34]
coefficente perdite localizzata uscita primario	-	- 0,97	- 0,03	0,12	0,13	0,12		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,34	0,16	0,99	1,92	2,99	5,39	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	13,1	12,7	8,4	5,0	2,7	1,5	[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (solo la caldaia più bassa accesa al minimo del carico 9,6 kW, 0,014 kg/s e 365 K all'uscita del generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 9 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,018	0,017	0,013	0,011	0,009	0,009	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,031	0,017	0,013	0,011	0,009	0,009	[20]
temperatura fumi ingresso	K	333	293	293	293	293	293	
massa volumica media fumi	kg/m^3	1,00	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	[22]
velocità media fumi	m/s	2,7	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	[23]
numero di Reynolds	-	19 213	10 095	8 073	6 565	5 496	4 849	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	53	30	24	20	16	14	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	12	7	6	5	5	5	[28]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	7	5	4	4	4	4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,12	0,16	0,17	0,19	0,23	0,26	[31]
temperatura fumi uscita	K	328	293	293	293	293	293	[32]
temperatura media fumi	K	331	293	293	293	293	293	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	1,9	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	[26]
pressione statica	Pa	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	8,8	4,3	2,8	1,8	1,3	1,0	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,05						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	328	293	293	293	293	293	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,008	1,129	1,129	1,129	1,129	1,129	[22]
velocità media fumi	m/s	1,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	[23]
numero di Reynolds	-	11 210	5 890	4 710	3 830	3 207	2 829	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	42	21	16	13	10	8	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	7	5	5	5	5	5	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	4	3	3	3	3	3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,25	0,38	0,48	0,59	0,70	1,33	[31]
temperatura fumi uscita	K	321	293	293	293	293	293	[32]
temperatura media fumi	K	324	293	293	293	293	293	[33]
pressione statica	Pa	4	1	1	1	1	1	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	2,36	- 0,05	0,00	0,00	0,00		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	1,74	0,27	0,19	0,13	0,09	0,10	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	10,2	4,8	3,0	2,0	1,4	1,1	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,031	0,069	0,062	0,073	0,082	[20]
temperatura fumi ingresso	K		321	307	302	300	298	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,03	1,08	1,10	1,10	1,11	[22]
velocità media fumi	m/s		0,7	1,0	1,3	1,5	1,6	[23]
numero di Reynolds	-		8 719	13 300	16 963	19 942	22 436	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	[24]
numero di Nusselt	-		31	48	60	70	79	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		5	6	8	10	11	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)		3	4	4	5	5	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-		0,24	0,19	0,17	0,16	0,24	[31]
temperatura fumi uscita	K		315	305	301	299	297	[32]
temperatura media fumi	K		318	306	302	299	298	[33]
temperatura di parete uscita	K		314	305	301	299	297	[46]
pressione statica fumi	Pa		4	2	2	1	2	[34]
coefficente perdite localizzata uscita primario	-	- 0,97	0,11	0,13	0,11	0,10		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,23	0,20	0,41	0,60	0,78	1,31	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	7,9	7,7	4,3	2,5	1,4	0,8	[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 (solo la caldaia più alta connessa con la CCR accesa al massimo del carico) la depressione all'imbocco del canale da fumo relativo (a valle dell'interruttore di tiraggio) presenta il valore di 7 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,016	0,015	0,014	0,013	0,015	0,008	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,016	0,015	0,014	0,013	0,029	0,008	[20]
temperatura fumi ingresso	K	293	293	293	293	363	293	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	1,13	1,13	1,13	1,13	0,92	1,13	[22]
velocità media fumi	m/s	1,2	1,1	1,1	1,0	2,6	0,6	[23]
numero di Reynolds	-	9 740	9 109	8 608	8 158	17 437	4 876	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	29	27	26	25	49	14	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	7	6	6	6	11	5	[28]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	5	5	4	4	7	4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 040	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,16	0,17	0,17	0,17	0,12	0,26	[31]
temperatura fumi uscita	K	293	293	293	293	355	293	[32]
temperatura media fumi	K	293	293	293	293	359	293	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	0,5	0,4	0,4	0,3	1,7	0,1	[26]
pressione statica	Pa	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,1	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	4,0	3,5	3,1	2,8	6,8	1,0	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,06						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	293	293	293	293	355	293	[21]
massa volumica media	kg/m^3	1,129	1,129	1,129	1,129	0,933	1,129	[22]
velocità media fumi	m/s	0,5	0,5	0,5	0,4	1,1	0,3	[23]
numero di Reynolds	-	5 683	5 314	5 022	4 760	10 173	2 845	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	20	19	18	17	38	8	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	5	7	5	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3	3	3	3	4	3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 040	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,40	0,42	0,45	0,47	0,26	1,32	[31]
temperatura fumi uscita	K	293	293	293	293	341	293	[32]
temperatura media fumi	K	293	293	293	293	348	293	[33]
pressione statica	Pa	1	1	1	1	6	1	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	2,23	0,24	-0,07	0,00	0,03		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	0,40	0,29	0,19	0,20	1,09	0,10	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	4,4	3,8	3,4	3,1	7,8	1,1	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,016	0,031	0,045	0,059	0,088	[20]
temperatura fumi ingresso	K		293	293	293	293	309	[21]
massa volumica media	kg/m^3		1,13	1,13	1,13	1,13	1,07	[22]
velocità media fumi	m/s		0,3	0,6	0,9	1,2	1,8	[23]
numero di Reynolds	-		4 420	8 553	12 459	16 161	24 074	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	[24]
numero di Nusselt	-		15	30	45	57	84	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		5	5	6	8	11	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m^2 K)		3	3	4	4	5	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-		0,48	0,25	0,19	0,17	0,23	[31]
temperatura fumi uscita	K		293	293	293	293	306	[32]
temperatura media fumi	K		293	293	293	293	307	[33]
temperatura di parete uscita	K		293	293	293	293	305	[46]
pressione statica fumi	Pa		1	1	1	1	4	[34]
coefficente perdite localizzata uscita primario	-	- 0,97	- 0,04	0,11	0,13	0,08		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,06	0,03	0,17	0,35	0,55	1,56	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	4,2	4,1	3,4	2,9	2,6	2,4	[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa accesa al massimo del carico con temperature esterne pari a 13 °C) la temperatura di uscita risulta pari a 22 °C contro una temperatura di rugiada di 7 °C. La velocità minima nella CCR risulta pari a 0,8 m/s, mentre il valore minimo è pari a 0,7 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica di aria parassita	kg/s	0,024	0,021	0,016	0,013	0,011	0,008	[16]
portata massica di fumi	kg/s	0,038	0,021	0,016	0,013	0,011	0,008	[20]
temperatura fumi ingresso	K	342	286	286	286	286	286	[21]
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,97	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	[22]
velocità media fumi	m/s	3,2	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	[23]
numero di Reynolds	-	22 824	12 582	9 988	7 997	6 507	5 006	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	62	37	30	24	20	15	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	14	8	7	6	5	5	[28]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	5	4	4	3	3	3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,07	0,11	0,12	0,14	0,16	0,21	[31]
temperatura fumi uscita	K	338	286	286	286	286	286	[32]
temperatura media fumi	K	340	286	286	286	286	286	[33]
perdite di carico fluidodinamiche	Pa	2,7	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	[26]
pressione statica	Pa	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	[34]
pressione effettiva ingresso canali da fumo	Pa	13,2	6,5	4,1	2,6	1,8	1,0	[35]
massimo errore di pressione relativa	Pa	0,05						[38]

Secondari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
temperatura fumi ingresso	K	338	286	286	286	286	286	[21]
massa volumica media	kg/m^3	0,980	1,158	1,158	1,158	1,158	1,158	[22]
velocità media fumi	m/s	1,4	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	[23]
numero di Reynolds	-	13 317	7 341	5 827	4 666	3 797	2 921	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
numero di Nusselt	-	50	27	21	16	13	9	[29]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	9	5	5	5	5	5	[28]
coefficente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	3	3	3	3	3	3	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore raffreddamento	-	0,16	0,23	0,29	0,36	0,45	0,97	[31]
temperatura fumi uscita	K	330	286	286	286	286	286	[32]
temperatura media fumi	K	334	286	286	286	286	286	[33]
pressione statica	Pa	6	1	1	1	1	1	[34]
coefficente perdita localizzata uscita secondario	-	2,36	- 0,05	0,00	0,00	0,00		
perdite di carico fluidodinamiche secondario	Pa	2,51	0,40	0,28	0,18	0,12	0,10	[26]
pressione effettiva ingresso secondario	Pa	15,3	7,2	4,5	2,9	1,9	1,1	[35]

Primari

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s		0,038	0,058	0,075	0,089	0,099	[20]
temperatura fumi ingresso	K		330	310	303	299	297	[21]
massa volumica media	kg/m³		1,00	1,07	1,09	1,11	1,12	[22]
velocità media fumi	m/s		0,8	1,2	1,5	1,8	2,0	[23]
numero di Reynolds	-		10 357	16 067	20 599	24 228	27 181	[25]
fattore di attrito tubo ruvido	-		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	[24]
fattore di attrito tubo liscio	-		0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	[24]
numero Nusselt	-		37	57	73	85	95	[29]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		5	8	10	11	13	[28]
coefficente globale scambio termico	W/(m² K)		2	3	3	3	4	[30]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore raffreddamento	-		0,15	0,12	0,10	0,09	0,14	[31]
temperatura fumi uscita	K		324	308	301	298	295	[32]
temperatura media fumi	K		327	309	302	298	296	[33]
temperatura di parete uscita	K		323	307	301	298	295	[46]
pressione statica fumi	Pa		5	3	3	2	3	[34]
coefficente perdite localizzata uscita primario	-	- 0,97	0,11	0,13	0,11	0,10		
perdite di carico fluidodinamiche primario	Pa	- 0,34	0,29	0,60	0,87	1,13	1,90	[26]
pressione effettiva ingresso primario	Pa	12,3	11,9	6,9	4,1	2,4	1,3	[35]

Questo dimensionamento comporta buone condizioni di funzionamento della CCR; esso può essere ritenuto accettabile ai fini della presente norma.

PUNTI DI INFORMAZIONE E DIFFUSIONE UNI

Milano (sede)	Via Battistotti Sassi, 11B - 20133 Milano - Tel. (02) 70024200 - Fax (02) 70105992 Internet: www.unicei.it - Email: diffusione@uni.unicei.it
Roma	Piazza Capranica, 95 - 00186 Roma - Tel. (06) 69923074 - Fax (06) 6991604 Email: uni.roma@uni1.inet.it
Bari	c/o Tecnopolis CSATA Novus Ortus Strada Provinciale Casamassima - 70010 Valenzano (BA) - Tel. (080) 8770301 - Fax (080) 8770553
Bologna	c/o CERMET Via A. Moro, 22 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) - Tel. (051) 6257511 - Fax (051) 6257650
Brescia	c/o AQM Via Lithos, 53 - 25086 Rezzato (BS) - Tel. (030) 2590656 - Fax (030) 2590659
Cagliari	c/o Centro Servizi Promozionali per le Imprese Viale Diaz, 221,- 09126 Cagliari - Tel. (070) 306877 - Fax (070) 340328
Catania	c/o C.F.T. SICILIA Piazza Buonarroti, 22 - 95126 Catania - Tel. (095) 445977 - Fax (095) 446707
Firenze	c/o Associazione Industriali Provincia di Firenze Via Valfonda, 9 - 50123 Firenze - Tel. (055) 2707268 - Fax (055) 281616
La Spezia	c/o La Spezia Euroinformazione, Promozione e Sviluppo Piazza Europa, 16 - 19124 La Spezia - Tel. (0187) 728225 - Fax (0187) 777961
Napoli	c/o Consorzio Napoli Ricerche Corso Meridionale, 58 - 80143 Napoli - Tel. (081) 5537106 - Fax (081) 5537112
Torino	c/o Centro Estero Camere Commercio Piemontesi Via Ventimiglia, 165 - 10127 Torino - Tel. (011) 6700511 - Fax (011) 6965456
Treviso	c/o Treviso Tecnologia Via Roma, 4/D - 31020 Lancenigo di Villorba (TV) - Tel. (0422) 608858 - Fax (0422) 608866
Udine	c/o CATAS Via Antica, 14 - 33048 S. Giovanni al Natisone (UD) - Tel. (0432) 756289 - Fax (0432) 756914
Vicenza	c/o Associazione Industriali Provincia di Vicenza Piazza Castello, 3 - 36100 Vicenza - Tel. (0444) 545573 - Fax (0444) 547318

ERRATA CORRIGE	**del 3 marzo 2004**
NORMA	**UNI 10640:1997 (giugno)**
TITOLO	**Canne fumarie collettive ramificate per apparecchi di tipo B a tiraggio naturale – Progettazione e verifica**

Pag	**In**	**Modifica**
9	Formula 7	Sostituire "$U = 2\ (SA \cdot SB)$" con "$U = 2\ (SA + SB)$"

NORMA ITALIANA	**Canne fumarie collettive e camini a tiraggio naturale per apparecchi a gas di tipo C con ventilatore nel circuito di combustione** **Progettazione e verifica**	**UNI 10641** GIUGNO 1997

Natural draught multiple appliance flue ducts and chimneys for type C fan assisted gas appliances
Design and checking

DESCRITTORI	Canna fumaria collettiva, camino, comignolo, tiraggio naturale, progettazione, calcolo, verifica
CLASSIFICAZIONE ICS	91.060.40
SOMMARIO	La norma prescrive i criteri per la progettazione e la verifica delle dimensioni interne delle canne fumarie collettive e dei camini singoli a tiraggio naturale per apparecchi a gas di tipo C muniti di ventilatore nel circuito di combustione ai fini della sicurezza nell'evacuazione dei prodotti della combustione.
RELAZIONI NAZIONALI	
RELAZIONI INTERNAZIONALI	
ORGANO COMPETENTE	CIG - Comitato Italiano Gas CTI - Comitato Termotecnico Italiano
RATIFICA	Presidente dell'UNI, delibera del 21 maggio 1997
RICONFERMA	

PREMESSA

La presente norma è stata elaborata dal Gruppo di lavoro "Camini", per l'occasione misto tra CIG (Comitato Italiano Gas - viale Brenta 27, 20139 Milano) e CTI (Comitato Termotecnico Italiano - via G. Pascoli 41, 20129 Milano), enti federati all'UNI.

È stata approvata per la sua presentazione alla Commissione Centrale Tecnica dell'UNI dal CIG il 15 marzo 1996 e dal CTI il 2 luglio 1996.

È stata quindi esaminata ed approvata dalla Commissione Centrale Tecnica, per la pubblicazione come norma raccomandata, il 7 novembre 1996.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.
È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

INDICE

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma fissa i criteri per la progettazione e la verifica delle dimensioni interne delle canne fumarie collettive e dei camini singoli a tiraggio naturale per apparecchi a gas di tipo C muniti di ventilatore nel circuito di combustione ai fini della sicurezza nell'evacuazione dei prodotti della combustione.

Oltre che alle canne fumarie collettive e ai camini singoli a tiraggio naturale essa si applica alle canne fumarie multiple combinate che oltre ad evacuare i fumi dispongono anche di un condotto per l'afflusso dell'aria comburente agli apparecchi a gas di tipo C di qualunque portata termica.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

UNI 7128	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Termini e definizioni
UNI 7129	Impianti a gas per uso domestico alimentati da rete di distribuzione - Progettazione, installazione e manutenzione
UNI 9615-1	Calcolo delle dimensioni interne dei camini - Definizioni, procedimenti di calcolo fondamentali
UNI 9731	Camini - Classificazione in base alla resistenza termica - Misure e prove
UNI 9893	Caldaie ad acqua funzionanti a gas corredate di bruciatore atmosferico con ventilatore nel circuito di combustione - Prescrizioni di sicurezza

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma valgono le definizioni riportate di seguito; per quanto riguarda le definizioni di carattere generale, inerenti l'argomento, si rimanda alle UNI 7128 e UNI 7129.

3.1 **altezza del tratto terminale**: Differenza di quota tra la sezione di ingresso dei fumi dell'apparecchio posto più in alto nel condotto dei fumi e la bocca del camino/canna fumaria.

3.2 **apertura di compensazione**: Apertura di una canna collettiva diretta verso l'ambiente esterno o collegata allo stesso tramite un condotto di sezione pari a quella dell'apertura stessa.

3.3 **apparecchio di tipo C con ventilatore nel circuito di combustione**: Vedere UNI 7129, appendice B.

Per comodità nel prosieguo della presente norma viene denominato semplicemente "apparecchio".

3.4 **aria di compensazione**: Portata in massa di aria aspirata attraverso l'eventuale apertura o condotto di compensazione per effetto del tiraggio effettivo in quel punto.

3.5 **bocca del camino/canna fumaria**: Sezione di sbocco dei fumi nel comignolo o, in sua mancanza, in atmosfera.

3.6 **camino**: Condotto verticale, avente lo scopo di disperdere, a conveniente altezza dal suolo, i prodotti della combustione provenienti da un solo apparecchio.

3.7 **camino combinato**: Camino costituito da 2 condotti separati dei quali uno serve a convogliare l'aria comburente ad un solo apparecchio ed il secondo a raccogliere ed espellere i prodotti della combustione dello stesso apparecchio. I condotti possono essere coassiali, adiacenti oppure separati.

3.8 **canale combinato aria/fumi (canale d'aria/fumi)**: Insieme delle canalizzazioni atte a convogliare l'aria comburente agli apparecchi ed i prodotti della combustione al camino/canna

fumaria. Le canalizzazioni possono essere coassiali, adiacenti oppure separate e collegate attraverso gli apparecchi.

3.9 **canale da fumo**: Condotto di raccordo posto tra l'uscita dei fumi dall'apparecchio ed il camino/canna fumaria.

3.10 **canale d'aria**: Canale atto a convogliare l'aria comburente all'apparecchio direttamente dall'esterno o dal condotto aria.

3.11 **canna fumaria collettiva (canna collettiva)**: Condotto fumi unico adatto a raccogliere ed espellere i prodotti della combustione di più apparecchi collocati su diversi piani.

3.12 **canna fumaria collettiva combinata (canna combinata)**: Canna costituita da 2 condotti distinti, il primo dei quali serve a convogliare l'aria comburente agli apparecchi collocati su diversi piani ed il secondo a raccogliere ed espellere i prodotti della combustione degli stessi. I condotti possono essere coassiali, adiacenti oppure separati.

3.13 **carico termico di un apparecchio**: Rapporto tra la portata termica di funzionamento e la portata termica nominale.

3.14 **comignolo (aspiratore statico o mitria)**: Dispositivo che, posto alla bocca del camino/canna fumaria, permette la dispersione dei prodotti della combustione anche in presenza di avverse condizioni atmosferiche.

3.15 **condensa**: Prodotto liquido che appare in qualche punto del camino/canna fumaria o del canale d'aria/fumi generalmente sulla parete interna quando la temperatura superficiale risulta minore o uguale al punto di rugiada.

3.16 **condotto aria/fumi**: Condotto prevalentemente verticale atto a convogliare l'aria comburente o i fumi, rispettivamente.

3.17 **condotto di compensazione**: Apertura o condotto di collegamento tra il condotto aria e il condotto fumi in una canna combinata.

3.18 **diametro idraulico (diametro equivalente)**: Diametro del cerchio avente lo stesso rapporto tra area e perimetro della sezione considerata.

3.19 **eccesso d'aria (e)**: Rapporto tra la quantità d'aria utilizzata per la combustione meno la quantità d'aria stechiometrica e l'aria stechiometrica stessa.

3.20 **fumi**: Insieme dei prodotti della combustione di un gas e dell'eventuale aria di compensazione convogliati in un camino/canna fumaria.

3.21 **funzionamento a secco**: Condizioni in cui la temperatura, in ogni punto della parete interna del camino/canna fumaria, nel funzionamento normale è maggiore del punto di rugiada.

3.22 **funzionamento ad umido**: Condizioni in cui la temperatura, in qualche punto della parete interna del camino/canna fumaria, nel funzionamento normale è minore del punto di rugiada dei fumi.

3.23 **parete interna del camino/canna fumaria**: Parete a contatto con i fumi.

3.24 **portata termica (potenza termica del focolare)**: Prodotto del potere calorifico inferiore del combustibile impiegato e della portata di gas bruciato, riferiti alle stesse condizioni.

3.25 **portata termica nominale (potenza termica nominale del focolare)**: Valore della portata termica dichiarata dal costruttore dell'apparecchio.

3.26 **portata massica dei fumi**: Massa dei fumi da scaricare nell'unità di tempo.

3.27 **potenza termica nominale (potenza termica utile)**: Potenza continua dell'apparecchio dichiarata dal costruttore.

3.28 **pressione effettiva nel camino/canna fumaria (tiraggio effettivo)**: Differenza di pressione, alla medesima quota, tra esterno e interno del camino/canna fumaria. È determinata dalla pressione statica alla stessa quota diminuita della variazione di pressione per resistenze al moto nel camino.

3.29 **pressione statica (tiraggio statico)**: Differenza di pressione che si genera, in condizioni statiche, a causa della differenza di massa volumica tra due colonne, rispettivamente di aria esterna e di fumi, aventi la stessa altezza.

3.30 **quota di sbocco**: Quota corrispondente alla sommità del camino/canna fumaria, indipendentemente dal comignolo.

3.31 **rendimento**: Rapporto tra la potenza termica e la portata termica per un certo carico termico dell'apparecchio.

3.32 **resistenza termica di parete di un camino/canna fumaria**: Resistenza alla dispersione del calore attraverso la o le pareti del camino/canna fumaria.

3.33 **sezioni idraulicamente equivalenti**: Sezioni che hanno lo stesso diametro idraulico.

3.34 **stato di carico dell'impianto**: Insieme dei valori del carico termico di ogni apparecchio.

3.35 **tipo di sezione**: Forma della sezione del camino/canna fumaria e/o dei canali da fumo/canali d'aria.

3.36 **tiraggio naturale**: Tiraggio che si determina in un camino/canna fumaria per effetto della differenza di massa volumica esistente tra i fumi (caldi) e l'aria atmosferica circostante, senza nessun ausilio meccanico di aspirazione installato al suo interno o alla sommità.

4 SIMBOLI, GRANDEZZE E UNITÀ DI MISURA

Simboli	Grandezze	Unità di misura (SI)
A	area della sezione	m^2
B	coefficiente di direzione	-
c	capacità termica massica	J/(kg K)
D, D_h	diametro, diametro idraulico	m
EP	variazione del valore di pressione tra due iterazioni successive	Pa
f_w	coefficiente di velocità minima	$m^{1/2}/s$
g	accelerazione di gravità	m/s^2
H	altezza	m
HG	altezza geodetica	m
H_i	potere calorifico inferiore	J/kg
k	coefficiente globale di scambio termico	$W/(m^2 K)$
KR	fattore di raffreddamento dei fumi	-
L	lunghezza	m
M	portata massica	kg/s
Mu	viscosità dinamica	Pa s
np	numero piani dello stabile	-
nS	numero di strati costituenti la parete	-
N	portata termica	kW
Nu	numero di Nusselt	-
P	pressione, perdita di carico	Pa
r	rugosità media	m
$R0$	costante universale dei gas	J/(kg K)
R	costante dei gas	J/(kg K)
Re	numero di Reynolds	-
RS	rapporto tra perimetri	-
RT	resistenza termica	$(m^2 K)/W$
SE	fattore di sicurezza fluidodinamico	-
SH	fattore di correzione per temperatura non costante	-
T	temperatura	K
TP	temperatura di progetto	K
U	perimetro della sezione	m
W	velocità	m/s
α	coefficiente liminare	$W/(m^2 K)$
ΔP	differenza di pressione	Pa
η	rendimento	-
λ	conduttività termica	W/(m K)
ξ	coefficiente di perdita localizzata	-
ρ	massa volumica	kg/m^3
Ψ	fattore di attrito	-
ω	frazione di superficie perimetrale esposta all'esterno	-

Pedici

a	= aria	i	= interno	p	= a pressione costante
A	= ambiente esterno	I	= ingresso	P	= condotto fumi
c	= combustione	j	= indice del piano	q	= comignolo
C	= canale da fumo	k	= costituente k-esimo	r	= effettivo
D	= apertura/condotto di compensazione	m	= medio	R	= di rugiada
		max	= massimo	s	= statica
e	= esterno	min	= minimo	t	= totale
f	= dei fumi	n	= indice generico	u	= tratto terminale
g	= globale	N	= al focolare	U	= uscita
G	= apparecchio	o	= grandezza riferita a condizioni normalizzate (p = 1 013,25 mbar, t = 15 °C)	W	= variazione di velocità
H	= strato H-esimo				

5 CARATTERISTICHE GENERALI

Le canne fumarie collettive, oggetto della presente norma, costituiscono un "sistema unico" per l'evacuazione dei fumi provenienti da più apparecchi ad essi collegati. Eventuali sostituzioni di apparecchi, di componenti e/o modifica del sistema possono alterare le condizioni di funzionamento e comportare pericoli per gli utenti del sistema stesso.

Nota *Il regolamento condominiale dovrebbe individuare una figura responsabile (per esempio l'amministratore o una figura tecnica da esso indicata) cui far riferimento per tutte le operazioni di manutenzione e/o modifica del sistema in modo tale che siano mantenute le condizioni progettuali secondo quanto stabilito dalla presente norma.*

I camini e le canne fumarie devono avere le seguenti caratteristiche:

- essere dimensionati/e secondo il metodo di calcolo appresso descritto[1];
- essere a tenuta dei prodotti della combustione e resistenti ai fumi ed al calore[1];
- essere impermeabili alle condense. Gli elementi costituenti i camini/canne fumarie non devono consentire l'infiltrazione delle eventuali condense negli elementi stessi o attraverso di essi. I raccordi, le giunzioni dei moduli e gli imbocchi dei canali da fumo devono essere realizzati in modo tale che le eventuali condense defluiscano liberamente alla base senza filtrazioni nella struttura o nel canale da fumi (vedere 5.1)[1];

Nota *Nel caso in cui sia previsto il funzionamento a umido i materiali devono essere idonei e lo scarico delle condense in accordo con quanto previsto dalle normative e leggi vigenti;*

- essere realizzati/e ed installati/e in modo tale che in caso di rotture, danneggiamenti o ostruzioni del condotto sia impedito il trafilamento dei fumi verso locali adiacenti;
- avere i condotti che convogliano i fumi caldi adeguatamente distanziati (o isolati) da materiali combustibili; particolare attenzione deve essere posta nei confronti di attraversamenti di locali o zone con presenza di sostanze facilmente infiammabili;
- avere sezione circolare o quadrangolare; in quest'ultimo caso gli angoli devono essere arrotondati con raggio non inferiore a 20 mm. Sezioni idraulicamente equivalenti possono essere utilizzate purché il rapporto tra il lato maggiore ed il lato minore del rettangolo, che circoscrive la sezione stessa non sia comunque maggiore di 1,5;
- essere allacciati ad un solo apparecchio per piano;
- avere un numero di apparecchi collegati rapportato alla loro effettiva capacità di evacuazione, determinata secondo quanto previsto nella presente norma. Comunque ad una canna fumaria possono essere collegati al massimo:
  a) n° 8 apparecchi nel caso in cui sia prevista la presenza di un'apertura o condotto di compensazione,

1) Sono in preparazione le norme europee relative alle tecnologie costruttive (materiali).

b) n° 6 apparecchi nel caso in cui non sia prevista nessuna apertura o condotto di compensazione;

- avere andamento verticale ed essere privi/e di qualsiasi strozzatura. Sono ammessi non più di due cambiamenti di direzione purché l'angolo di incidenza con la verticale non sia maggiore di 30°;
- avere l'eventuale apertura o il condotto di compensazione praticato al di sopra della camera di raccolta, comunque ad una quota non minore di 0,5 m dal fondo del condotto;
- nel caso di canna collettiva, avere l'eventuale apertura di compensazione disposta verso l'esterno o collegata ad esso tramite un condotto, non ostruibile in alcun modo, protetta da una griglia a maglie fitte in modo da garantire comunque una sezione utile in grado di consentire l'ingresso di una portata almeno pari a 1/5 della portata nominale di un apparecchio;
- avere, alla base, una camera di raccolta di materiali solidi o eventuali condense di altezza pari almeno a 0,5 m. L'accesso a detta camera deve essere garantito mediante un'apertura dotata di sportello metallico di chiusura a tenuta d'aria;
- nel caso in cui non sia dotato di comignolo, avere, in prossimità della base, un sistema di raccolta e smaltimento dell'eventuale acqua piovana e/o neve;
- avere, alla base e nel tratto terminale del condotto di evacuazione fumi in posizione facilmente accessibile, un foro per il rilievo della pressione e della temperatura interne;
- essere in depressione, per tutto lo sviluppo, in condizione di funzionamento stazionario;
- se dotati/e alla sommità di un comignolo, avere sezione utile di uscita di questo almeno doppia di quella del camino/canna fumaria su cui è inserito. Nei casi in cui non sia previsto il comignolo si devono adottare accorgimenti (per esempio tramite il tracciamento di scanalature sulla parete interna o la creazione di una gronda in corrispondenza dell'immissione del canale da fumo) affinché gli agenti atmosferici non penetrino negli apparecchi e, se presente, nel condotto aria;
- essere dotati/e, nel tratto terminale, di una bocca d'ispezione di facile accesso che consenta il controllo e la manutenzione dei condotti oppure essere conformati/e in modo tale che tali operazioni possano svolgersi in modo agevole;
- essere privi/e di mezzi meccanici di aspirazione posti nei condotti principali;
- avere i condotti combinati di aspirazione/scarico, se adiacenti o coassiali, stagni tra di loro, con sezioni terminali (secondo UNI 7129 punto 4.3.3) al di fuori della zona di riflusso e disposti in modo da non influenzarsi reciprocamente;
- essere raccordate con raccordi meccanici a compressione e/o saldati. Possono essere usati mastici, o leganti plastici. Sono escluse le giunzioni rivettate;
- nel caso di canne fumarie, essere dotati di un libretto, riportante le modalità di installazione di uso e di manutenzione fornito dal costruttore, con copia del progetto allegata.

Ai camini ed alle canne fumarie oggetto della presente norma possono essere allacciati solo apparecchi a gas di tipo C con ventilatore nel circuito di combustione. La pressione nella sezione di innesto del canale da fumo nel camino/canna fumaria non deve essere maggiore di quella atmosferica. A questo scopo, per l'applicazione della presente metodologia di calcolo devono essere utilizzati come dati soltanto quelli dichiarati dai costruttori.

Le canne fumarie collettive e le canne fumarie combinate devono inoltre essere collegate solo con apparecchi del tipo C aventi portate termiche nominali che non differiscano di oltre il 30% in meno rispetto alla massima allacciabile e alimentati da uno stesso combustibile (per esempio metano).

5.1 Materiali[2)]

Le canne fumarie ed i camini devono essere realizzati con materiali incombustibili adatti a resistere nel tempo:

2) Sono in preparazione le norme europee relative alle tecnologie costruttive (materiali).

- alle normali sollecitazioni meccaniche;
- alle normali sollecitazioni termiche;
- all'azione dei prodotti della combustione secondo il tipo di funzionamento previsto.

5.2 Comignoli

Il comignolo posto alla sommità di un camino/canna fumaria deve avere le seguenti caratteristiche:

- deve facilitare la dispersione dei prodotti della combustione anche con condizioni atmosferiche avverse ed impedire la deposizione di corpi estranei (per esempio di nidi);
- sezione utile di uscita non minore del doppio di quella del camino/canna fumaria sul quale è inserito;
- conformazione tale da impedire la deposizione nel camino/canna fumaria della pioggia e della neve;
- costruzione tale che venga sempre comunque assicurato lo scarico dei fumi, anche in caso di venti di ogni direzione ed inclinazione.

5.3 Quota di sbocco

Deve essere realizzata in conformità alla UNI 7129 punto 4.3.3.

6 PROCEDIMENTO DI CALCOLO - CRITERI FONDAMENTALI

6.1 Configurazioni della canna fumaria

La presente procedura di calcolo si basa sull'applicazione delle equazioni di conservazione della massa e dell'energia in condizioni di regime permanente alle seguenti configurazioni particolari:

a) camino/canna fumaria collettiva (figura 1);
b) camino/canna fumaria collettiva combinata con condotti fumo/aria comburente separati (figura 2);
c) camino/canna fumaria collettiva combinata con condotti fumo/aria comburente adiacenti (figura 3);
d) camino/canna fumaria collettiva combinata con condotti fumo/aria comburente coassiali (figura 4).

Nel calcolo i camini sono considerati come caso particolare di canna fumaria collettiva a cui è collegato un solo apparecchio.

È considerata l'eventuale apertura di compensazione alla base del condotto fumo [configurazione a)] o del condotto di compensazione verso il condotto dell'aria comburente [configurazione b), c) e d)]. Nel caso in cui [configurazione a)] tale apertura non esista è considerato come caso particolare (nel calcolo della formula 8 la sezione dell'apertura deve essere posta pari a zero: $A_D = 0$).

Nota *Tale apertura ha la funzione di diluire i fumi abbassando il punto di rugiada (soprattutto nei casi in cui non tutte le caldaie siano in funzione) e di garantire delle condizioni di tiraggio simili in tutti gli stati di carico dell'impianto.*

Inoltre in tutti e quattro i casi deve essere considerata la possibilità che anche i canali da fumo e i canali d'aria, se presenti, possano essere separati o coassiali in tutta o in parte della loro lunghezza.

Il procedimento è di validità generale e consente di calcolare le condizioni termofluidodinamiche che si determinano all'interno di una canna fumaria per qualsiasi stato di carico dell'impianto, date le caratteristiche ambientali dell'area in cui si trova, le grandezze geometriche e fisiche che la caratterizzano, nonché quelle degli apparecchi ad essa collegati (vedere 6.3).

figura 1 **Canna fumaria collettiva**

Legenda

a Eventuale apertura di compensazione

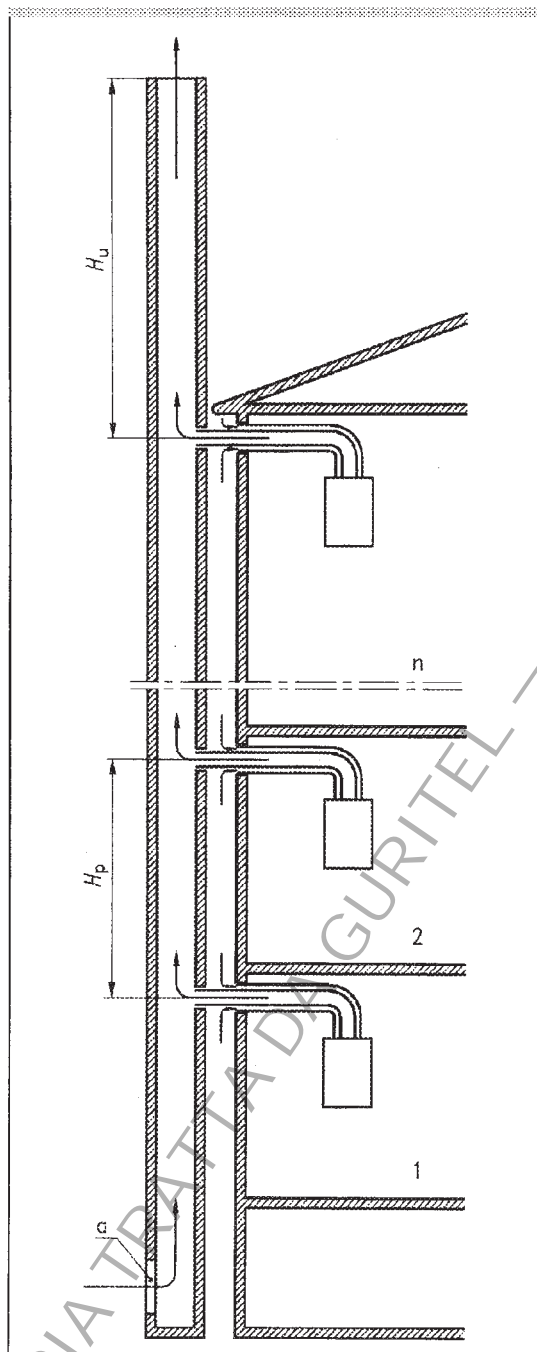



figura 2 **Canna fumaria collettiva combinata con condotti separati**

Legenda

b Condotto di compensazione

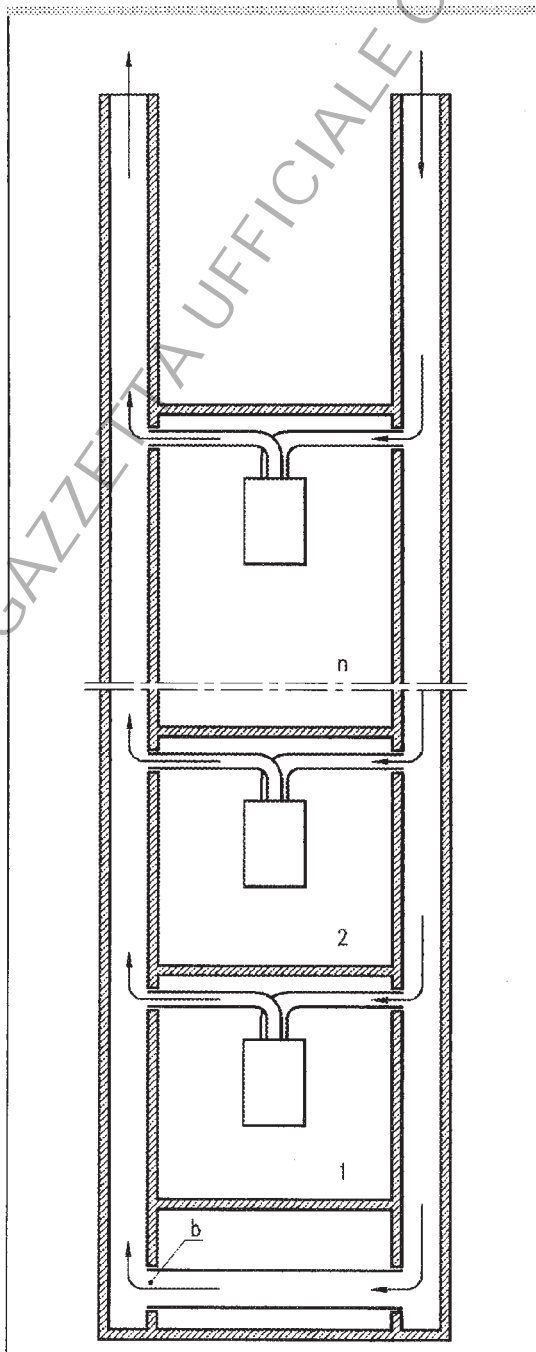



figura 3 **Canna fumaria collettiva combinata con condotti adiacenti**

Legenda

a Condotto di compensazione

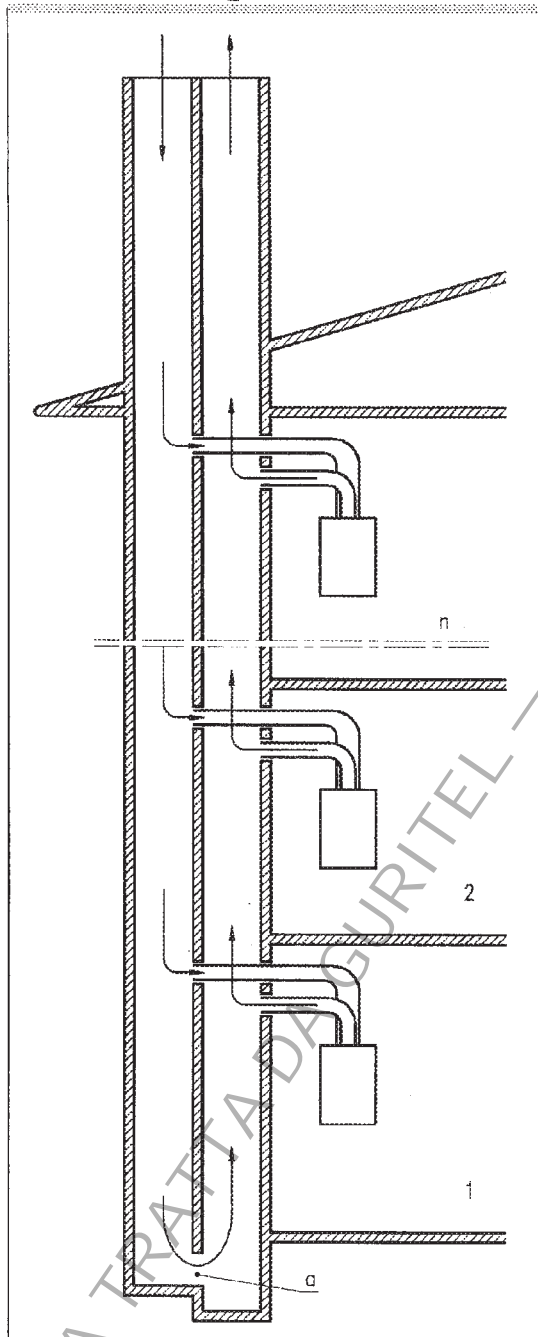
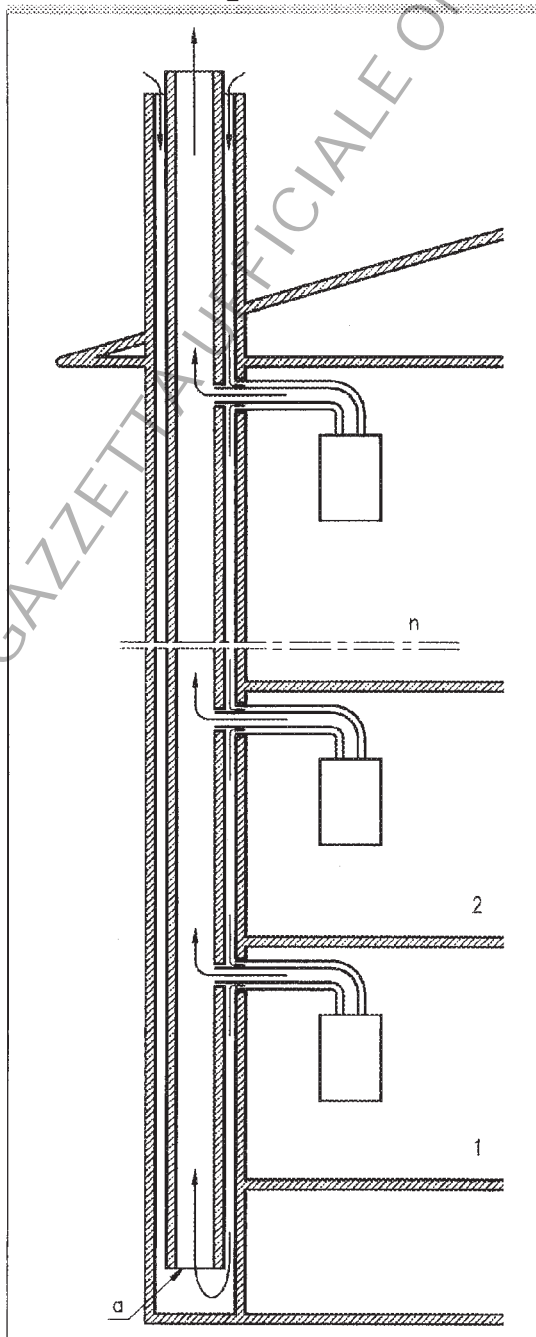



figura 4 **Canna fumaria collettiva combinata con condotti coassiali**

Legenda

a Condotto di compensazione

6.2 Generalità

In ogni punto di raccordo tra vari condotti, negli imbocchi dei canali da fumo/canali d'aria immediatamente a valle/monte della caldaia, nell'apertura o condotto di compensazione e nello sbocco/imbocco in atmosfera (**nodi**) si ha che:

- dove confluiscono portate massiche di fluidi valgono le relazioni:

formula 1

$$\sum M_U = \sum M_I$$

e

formula 2

$$\sum M_U \cdot c_{pU} \cdot T_U = \sum M_I \cdot c_{pI} \cdot T_I$$

La pressione effettiva calcolata in un punto all'ingresso del condotto fumi/aria risulta dall'andamento delle pressioni effettive al di sopra del punto considerato (vedere [34]).

Nota *Per quanto riguarda i canali da fumo/aria si considera che il compito di vincere le perdite di carico sia affidato al ventilatore dell'apparecchio. Di conseguenza, ai fini del calcolo, si considera irrilevante la determinazione delle suddette perdite; viceversa risulta fondamentale per il calcolo stesso conoscere le temperature e le portate dei fumi nello stesso canale da fumo.*

I parametri di funzionamento devono essere determinati nel modo seguente:

- i bilanci di massa e di energia partendo dal primo piano in basso fino all'ultimo piano in alto;
- i contributi al tiraggio effettivo in ogni tronco;
- il tiraggio effettivo all'imbocco del canale da fumo/aria nel condotto fumi/aria rispettivamente, a ritroso dall'ultimo piano in alto fino al primo piano.

6.3 Relazioni e grandezze fondamentali per il calcolo

6.3.1 Grandezze relative all'ambiente esterno

6.3.1.1 Temperatura dell'aria

formula 3

$$T_A = 293,15$$

È la temperatura di progetto per la verifica del tiraggio. Per le verifiche del punto di rugiada e della velocità minima vedere 8.2 e 8.3.

6.3.1.2 Altezza geodetica, HG

Questa altezza, riferita al livello del mare del luogo dove viene installato l'impianto, determina la pressione atmosferica da utilizzare nel calcolo.

6.3.1.3 Pressione atmosferica, P_A

Si ottiene tenendo conto della quota geodetica, come indicato nella UNI 9615-1, prospetto 4.

6.3.1.4 Massa volumica dell'aria, ρ_a

Si utilizza la legge di stato dei gas perfetti:

formula 4

$$\rho_a = \frac{P_A}{R \cdot T_A}$$

dove:

R è la costante dell'aria pari a 288 J/(kg · K).

6.3.2 Grandezze fornite dal costruttore dell'apparecchio

6.3.2.1 Portata termica nominale, N_{GN}

È dichiarata dal costruttore dell'apparecchio.

6.3.2.2 Portata termica minima, N_G

È la frazione minima possibile, per un apparecchio modulante, della N_{GN}, dichiarata dal costruttore dell'apparecchio.

6.3.2.3 Rendimento, η

È dichiarato dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurato con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893.

6.3.2.4 Eccesso d'aria, e

È fornito dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurato con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893.

Nota *Le grandezze indicate nel presente punto sono necessarie per calcolare i parametri di cui in 6.3.3 qualora essi non siano noti.*

6.3.3 Grandezze termofluidodinamiche dei fumi e dell'aria comburente

6.3.3.1 Composizione dei fumi, $\%CO_2$, $\%O_2$

È fornita dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurata con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893.

6.3.3.2 Portata massica di fumi all'uscita dall'apparecchio, M_{fUG}

È fornita dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurata con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893.

6.3.3.3 Portata massica di aria all'ingresso nell'apparecchio, M_{aIG}

È fornita dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurata con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893, o calcolata secondo la:

$$M_{aIG} = M_{fUG} - M_c$$

dove:

M_{aIG} è la portata massica di aria comburente in condizioni di combustione teorica (completa);

M_c è la portata massica di gas combustibile.

6.3.3.4 Temperatura fumi all'uscita dall'apparecchio, T_{fUG}

È fornita dal costruttore dell'apparecchio alla portata termica nominale (N_{GN}) e minima (N_G), misurata con il condotto di scarico di minima lunghezza equivalente prevista dal costruttore dell'apparecchio, in accordo con i metodi di prova della UNI 9893.

6.3.3.5 Le seguenti tre grandezze sono funzione della temperatura media del fluido e della sua composizione:

a) Capacità termica massica a pressione costante, c_p
Qualora non sia nota vedere UNI 9615-1, figura 12.

b) Viscosità dinamica, *Mu*
Qualora non sia nota, si faccia riferimento alla UNI 9615-1, figura 15 e moltiplicare il valore ottenuto per la relativa densità.

c) Conduttività termica, λ
Qualora non sia nota si faccia riferimento alla UNI 9615-1, figura 14.

6.3.4 Grandezze relative al sistema di evacuazione fumi (canali da fumo/aria e canna fumaria)

6.3.4.1 Numero di piani dell'edificio, *np*

Numero di piani di cui è costituito l'edificio.

6.3.4.2 Altezza del tratto terminale, H_u

Vedere 3.1 - Deve essere sempre garantita la condizione $H_u \geq 2{,}0$ m (figura 1).

6.3.4.3 Area della sezione, *A*

È la sezione netta di passaggio del fluido.

6.3.4.4 Perimetro della sezione, *U*

È il perimetro della superficie interessata dal fenomeno in esame caso per caso.
Per esempio nel caso di condotti coassiali, per il flusso esterno, il perimetro considerato per il moto è quello della superficie interna più quello della superficie esterna, mentre per la trasmissione del calore deve essere considerato solo quello della superficie interna.

6.3.4.5 Diametro idraulico, D_h

formula 5

$$D_h = \frac{4 \cdot A}{U}$$

6.3.4.6 Resistenza termica di parete, *RT*

Deve essere determinata per regime stazionario e con riferimento alla temperatura media della parete interna a contatto coi fumi. Se non fossero disponibili certificati o dati forniti dal costruttore della canna fumaria in accordo con UNI 9731, per una parete multistrato (si numerino gli strati dall'interno verso l'esterno) se è nota la resistenza termica di parete dei singoli strati può essere calcolata come di seguito indicato:

formula 6

$$RT = D_h \cdot \sum_{H=1}^{ns} (RT_H / D_{hiH})$$

dove:

nS è il numero di strati costituenti la parete in questione;
RT_H è la resistenza termica di parete dello strato *H* fornita dal costruttore;
D_h è il diametro idraulico interno;
D_{hiH} è il diametro idraulico della superficie interna dello strato *H.*

6.3.4.7 Coefficiente liminare esterno, α_e

Se il condotto è disposto internamente all'edificio porre $\alpha_e = \alpha_{e,min} = 8{,}0$; se il condotto è disposto esternamente all'edificio porre $\alpha_e = \alpha_{e,max} = 23{,}0$.
Nel caso in cui il condotto sia parzialmente esposto all'esterno:

formula 7

$$\alpha_e = RS \cdot \alpha_{e,max} + (1 - RS)\, \alpha_{e,min}$$

dove:

RS è il rapporto tra la porzione di perimetro esposta all'esterno e il perimetro totale.

6.3.4.8 Rugosità media, *r*

Deve essere fornita dal costruttore di camini. Nel caso essa non sia nota vedere UNI 9615-1, prospetto 2.

6.3.4.9 Altezza di un piano, H_p

È la distanza verticale tra due immissioni successive (figura 1).

6.3.4.10 Sezione netta dell'apertura/condotto di compensazione, A_D

6.3.4.11 Coefficiente perdita localizzata apertura/condotto di compensazione, ξ_D

Qualora non sia disponibile un valore per questo coefficiente si può utilizzare il valore ricavato dalla relativa tabella dell'appendice A (informativa) o dalla letteratura tecnica.

6.3.4.12 Coefficiente di perdita localizzata dovuta alla presenza del comignolo, ξ_q

Fornito dal costruttore o ricavato dall'appendice A (informativa) o dalla letteratura tecnica. Qualora non sia disponibile nessun valore porre: $\xi_q = 2$.

7 PROCEDIMENTO DI CALCOLO

7.1 Generalità

Dal calcolo iterativo si ottengono (figura 6) i seguenti parametri:

- in ogni nodo i valori della pressione e della temperatura,
- in ogni tratto tra due nodi i valori medi della temperatura, della massa volumica e della velocità dei fumi.

In ogni nodo ogni iterazione è composta delle due fasi seguenti:

Fase 1. Calcolare i parametri partendo dal nodo più basso fino allo sbocco in atmosfera:

- **in corrispondenza dell'apertura o condotto di compensazione se esiste** (figure da 1 a 4)
  - portata massica dell'aria di compensazione

    Alla *prima iterazione* si assume una portata nulla ($M_{aD} = 0$). Nelle *iterazioni successive* si calcola come segue:

formula 8

$$M^*_{aD} = \sqrt{\frac{2 \cdot P_D}{\rho_a \cdot \xi_D}} \cdot A_D \cdot \rho_a$$

dove:

ξ_D è il coefficiente di perdita localizzata all'apertura o condotto di compensazione;

P_D è la differenza di pressione, tra l'aria esterna/condotto aria e il condotto fumi, in corrispondenza dell'apertura o condotto di compensazione (le pressioni effettive a quell'altezza sono quelle calcolate secondo la [34].

Tale valore M^*_{aD} può essere utilizzato direttamente nei calcoli seguenti

Nota *Per ridurre il numero di iterazioni da effettuare per raggiungere la convergenza adottare il valore:*

formula 9

$$M_{aD} = \gamma_{ma} \cdot M_{aD0} + (1 - \gamma_{ma}) \cdot M^*_{aD}$$

dove:

M^*_{aD} *è il valore ottenuto applicando la [8];*

M_{aD0} *è il valore di* M_{aD} *utilizzato nell'iterazione precedente;*

$0,0 \le \gamma_{ma} \le 1,0$.

- **in ogni canale da fumo/aria**
  - portata massica di fumi/aria:

Nota *Eguali a quelle in ingresso/uscita dall'apparecchio oppure, se due apparecchi sono collegati (solo per i camini), sono calcolate secondo [11] e [10]. In questo ultimo caso parimenti devono essere calcolate le temperature secondo la [12];*

- massa volumica media dei fumi/aria (si utilizza la [13]);
- velocità media dei fumi/aria (si utilizza la [14]);
- temperatura fumi/aria in uscita (si utilizzano la [26], [27] o [28] secondo i casi, figura 5);
- temperatura media fumi/aria (si utilizzano la [29], [30] o [31] secondo i casi).

- **in ogni tronco del condotto fumi/aria**
  - portata massica dei fumi/aria prima/dopo la confluenza con i rispettivi canali (si utilizzano la [10] e la [11]);
  - temperatura dei fumi dopo la confluenza (si utilizza la [12])

Nota *Per la temperatura dell'aria questa è assunta uguale prima e dopo l'innesto del canale d'aria;*

  - massa volumica media dei fumi/aria (si utilizza la [13]);
  - velocità media dei fumi/aria (si utilizza la [14]);
  - temperatura fumi/aria in uscita (si utilizzano le [26], [27] o [28] secondo i casi, figura 5);
  - temperatura media fumi/aria (si utilizzano le [29], [30], o [31] secondo i casi).

Fase 2. Calcolare i tiraggi effettivi ripercorrendo la canna fumaria a ritroso dallo sbocco in atmosfera fino al nodo più lontano da esso:

- contributo alla pressione statica all'imbocco del canale da fumo/aria nel condotto fumi/aria (si utilizza la [33]);
- perdite di carico per resistenze fluidodinamiche nel condotto fumi/aria (si utilizza la [17]);
- pressione effettiva all'imbocco del canale da fumo/aria nel condotto fumi/aria (si utilizza la [34]);
- pressione statica all'apertura o condotto di compensazione, se esiste (si utilizza la [33]);
- perdite di carico per resistenze fluidodinamiche all'apertura o condotto di compensazione, se esiste (si utilizza la [17]);
- pressione effettiva P_D all'apertura o condotto di compensazione, se esiste, o alla base del condotto fumi (si utilizza la [34]);
- variazione di pressione effettiva P_D tra due iterazioni successive (si utilizza la [35]).

Determinata la variazione di pressione effettiva P_D si effettua la prova di convergenza in [36]. Qualora detta variazione di pressione sia maggiore del valore ammissibile stabilito dalla presente norma (0,1 Pa) si deve ripetere, nella stessa sequenza, il calcolo delle grandezze sopraelencate (portate, temperature, pressioni, velocità, ecc.) introducendo dove sono cambiati, i nuovi valori delle grandezze.

Qualora la [36] sia verificata, le grandezze calcolate all'ultima iterazione possono essere ritenute, con approssimazione sufficiente per lo scopo della presente norma, quelle di effettivo funzionamento della canna fumaria/camino in esame.

Si può quindi procedere con le verifiche di cui in 8.1, 8.2 e 8.3.

7.2 Portata massica e temperatura alla confluenza di due flussi

7.2.1 Portata massica di fumi dopo la confluenza nel condotto fumi, M_{fU}

È data dalla somma delle portate massiche in arrivo:

formula 10

$$M_{fU} = \sum M_I$$

7.2.2 Portata massica di aria prima dell'imbocco nel canale d'aria, M_{aI}

È data dalla somma delle portate massiche in partenza dal nodo in questione:

formula 11

$$M_{al} = \sum M_U$$

7.2.3 Temperatura fumi dopo la confluenza nel condotto fumi, T_{fU}

Deve essere calcolata per tentativi. Mediante il bilancio dell'energia si determina il valore della temperatura dei fumi:

formula 12

$$T_{fU} = \frac{M_{f1} \cdot c_{pf1} \cdot T_{f1} + M_{f2} \cdot c_{pf2} \cdot T_{f2}}{M_{fU} \cdot c_{pU}}$$

dove:

$T_{f1,2}$ è la temperatura dei fumi prima della confluenza;

$c_{pf1,2}$ è la capacità termica massica a pressione costante dei fumi prima della confluenza;

c_{pU} è la capacità termica massica a pressione costante dei fumi dopo la confluenza.

Nota *Al primo tentativo si può adottare per la temperatura dei fumi dopo la confluenza (T_{fU}) il valore ottenuto dalla media ponderale delle temperature in ingresso rispetto alle portate massiche. In base al valore di tentativo di T_{fU} si determina la capacità termica massica dei fumi (c_{pU}). Si ripete il calcolo fino a trovare un valore di T_{fU} che differisce dal precedente di un valore minore di quello massimo prefissato (0,5 °C).*

7.3 Perdita di carico per resistenze fluidodinamiche in un tratto rettilineo di condotto

7.3.1 Massa volumica media, ρ_m

Si utilizza la legge dei gas perfetti e si approssima la pressione media del canale da fumo con quella atmosferica:

formula 13

$$\rho_m = \frac{P_A}{T_m \cdot R}$$

dove:

P_A è la pressione atmosferica;

T_m è la temperatura media del fluido (qualora tale valore non sia ancora stato calcolato si adotti inizialmente una frazione ragionevole del valore iniziale della temperatura e si ripeta poi il calcolo con il valore trovato secondo la [29] o le [30] e [31]);

R è la costante di elasticità di ogni gas (pari a 288 J/(kg·K) per l'aria e 300 J/(kg·K) per i fumi).

7.3.2 Velocità media, W_m

Per ogni tratto rettilineo è determinata dalla relazione seguente:

formula 14

$$W_m = \frac{M}{\rho_m \cdot A}$$

dove:

M è la portata massica del fluido nel condotto;

ρ_m è la massa volumica media del fluido calcolata secondo la [13];

A è l'area della sezione netta di passaggio.

7.3.3 Fattore di attrito in un tratto di condotto, Ψ

Si determina utilizzando la formula di Colebrook e White:

formula 15

$$\frac{1}{\sqrt{\Psi}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\Psi}} + \frac{r}{3,71 \cdot DI}\right)$$

dove:

r è la rugosità media del condotto;

D_h è il diametro idraulico del condotto (calcolato secondo la [5] in cui, nel caso si tratti di condotti coassiali, sarà necessario tener conto di tutte le superfici lambite dai flussi);

Re è il numero di Reynolds determinato come segue:

formula 16

$$Re = \frac{r_m \cdot DI \cdot W_m}{Mu}$$

in cui Mu è la viscosità dinamica dei fumi nel canale da fumo, determinata come media delle viscosità dinamiche dei singoli costituenti dei fumi.

7.3.4 Perdita di carico per resistenze fluidodinamiche, ΔP

Si ottiene dalla relazione:

formula 17

$$\Delta P = SE\left[1/2\, \rho_m\, W_m^{\,2}\left(\psi \frac{H_t}{D_h} + \sum_K \xi_K\right)\right] + P_W$$

dove:

P_W è la variazione di pressione dovuta a variazione di velocità, calcolata come segue:

formula 18

$$P_W = 1/2\, \rho_m W_m^{\,2}\left[1 - \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2\right]$$

in cui:

W_1 è la velocità dei fumi prima della variazione;

W_2 è la velocità dei fumi dopo la variazione.

Nel caso in cui W_2 sia maggiore di W_1 si dovrà considerare la seguente:

formula 19

$$P_W = SE\left\{1/2\, \rho_m W_m^{\,2}\left[1 - \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2\right]\right\}$$

SE è il fattore di sicurezza fluidodinamico, posto pari a 1,2 per questi apparecchi;

ρ_m è la massa volumica media del fluido, calcolata secondo la [13];

W_m è la velocità media nel tratto, calcolata secondo la [14];

H_t è lo sviluppo totale del tratto di condotto;

D_h è il diametro idraulico, calcolato secondo la [5];

ξ_k è il k-esimo coefficiente di perdita localizzata: tiene conto delle perdite per l'imbocco del canale da fumo/aria nel condotto fumi/aria e delle variazioni di sezione e di direzione. Può essere ottenuto dalle tabelle in appendice A (informativa) o dalla letteratura tecnica;

ψ è il fattore di attrito nel tratto di condotto, determinato secondo la [15].

7.4 Variazione di temperatura in un tratto di condotto

7.4.1 Coefficiente liminare, α

Si utilizza la seguente relazione:

formula 20

$$\alpha = \frac{\lambda Nu}{D_h}$$

dove:

λ è la conduttività termica del fluido;

D_h è il diametro idraulico, calcolato secondo la [5];

Nu è il numero di Nusselt, calcolato come segue:

formula 21

$$Nu = \left(\frac{\psi}{\psi_0}\right)^{0,67} 0,035\,4\,(Re^{0,75} - 180)$$

in cui

ψ è il fattore di attrito per tubo rugoso (si utilizza la [15]);

ψ_0 è il fattore di attrito per tubo liscio (si utilizza la [15] imponendo $r = 0$);

Re è il numero di Reynolds calcolato secondo la [16].

Nota *La relazione è valida per 3 000 < Re e (ψ/ψ₀) < 3,0.*

Se risulta $\alpha < 5$ porre $\alpha = 5$.

7.4.2 Coefficiente globale di scambio termico, *k*

Nel caso di condotti non coassiali, può essere calcolato con la relazione:

formula 22

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(RT + \frac{D_h}{D_{he}} \cdot \frac{1}{\alpha_e}\right) \cdot SH}$$

Nel caso di condotti coassiali (figura 5), può essere calcolato con la relazione:

formula 23

$$k_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + RT \cdot SH + \frac{D_h}{D_{he}} \cdot \frac{1}{\alpha_e}}$$

dove:

α_i è il coefficiente liminare interno calcolato secondo la [20];

α_e è il coefficiente liminare esterno calcolato secondo la [7] nel caso di condotti semplici, mentre nel caso di condotti coassiali si dovrà usare la [20];

D_{he} è il diametro idraulico esterno del tratto;

SH è il fattore di correzione per temperatura non costante pari a 0,5;

RT è la resistenza termica di parete del condotto.

7.4.3 Fattore di raffreddamento, *KR*, $KR_{1,2}$

È determinato come segue:

nel caso di condotti non coassiali

formula 24

$$KR = \frac{U \cdot k \cdot L}{M \cdot c_p}$$

nel caso di condotti coassiali (figura 5), indicando con 1 e 2 rispettivamente il fluido interno e quello esterno che sono in controcorrente,

formula 25

$$KR_{1,2} = \left(\frac{1}{M_2 \cdot c_{p2}} + \frac{1}{M_1 \cdot c_{p1}} \right) U \cdot L \cdot k_{1,2}$$

dove:

c_p, $c_{p1,2}$ è la capacità termica massica a pressione costante del fluido;
U è il perimetro interessato nello scambio termico;
L è la lunghezza del tratto di condotto;
k, $k_{1,2}$ è il coefficiente globale di scambio termico calcolato secondo la [22] o [23] rispettivamente.

7.4.4 **Temperatura fumi all'uscita del condotto, T_{fU}, T_{1U}, T_{2U}**

È così calcolata:

nel caso di condotti non coassiali:

formula 26

$$T_{fU} = T_a + (T_{fI} - T_a) \cdot e^{-KR}$$

dove:

KR è il fattore di raffreddamento calcolato secondo la [24];
T_a è la temperatura dell'aria esterna al tratto;
T_{fI} è la temperatura dei fumi all'ingresso nel tratto.

e nel caso di condotti coassiali e di scambio termico del condotto dell'aria con l'esterno trascurabile rispetto a quello tra il condotto dei fumi ed il condotto dell'aria (si indichi con 1 il fluido nel condotto interno e con 2 quello nel condotto esterno come indicato in figura 5):

formula 27

$$T_{2U} = T_{2I} - \frac{(T_{1I} - T_{2I}) \cdot e^{-KR_{1,2}} - (T_{1I} - T_{2I})}{1 + \frac{M_2 \cdot c_{p2}}{M_1 \cdot c_{p1}}}$$

e

formula 28

$$T_{1U} = \frac{M_2 \cdot c_{p2}}{M_1 \cdot c_{p1}} (T_{2I} - T_{2U}) + T_{1I}$$

dove:

$KR_{1,2}$ è il fattore di raffreddamento calcolato secondo la [25];
M_1 e M_2 sono le portate massiche dei due fluidi;
T_{fI} e T_{fU} sono le temperature di ingresso dei due fluidi;
c_{p1} e c_{p2} sono le capacità termiche massiche dei due fluidi alle rispettive temperature medie.

Nel caso in cui lo scambio termico del canale d'aria con l'esterno non sia trascurabile si devono utilizzare i dati forniti dai costruttori degli apparecchi, per le condizioni di installazione previste, in corrispondenza all'immissione del canale da fumo/d'aria in canna fumaria.

7.4.5 Temperatura media dei fumi nel condotto, T_{fm}

Si calcola come segue:

nel caso di condotto non coassiale

formula 29

$$T_{fm} = T_a + (T_{fl} - T_a) \cdot \frac{1 - e^{-KR}}{KR}$$

nel caso di condotto coassiale, in prima approssimazione ponendo

formula 30

$$T_{1m} = \frac{T_{1l} + T_{1U}}{2}$$

e

formula 31

$$T_{2m} = \frac{T_{2l} + T_{2U}}{2}$$

l'errore è accettabile ai fini del calcolo quando:

formula 32

$$\frac{|T_{1l} - T_{2U}|}{|T_{2l} - T_{1U}|} < 1,5$$

7.5 Pressioni in un tratto di condotto

7.5.1 Pressione statica all'imbocco, P_{sl}

Si calcola come segue:

formula 33

$$P_{sl} = [(\rho_a - \rho_m) \cdot H \cdot g] \cdot B$$

dove:

H è l'altezza effettiva del condotto (dislivello tra uscita e ingresso);

g è l'accelerazione di gravità;

B è il coefficiente di direzione del flusso ⇒ = + 1 per flusso verticale ascendente;
= - 1 per flusso verticale discendente.

7.5.2 Pressione effettiva all'imbocco, P_{rl}

In una qualsiasi sezione la pressione effettiva è determinata come somma dei contributi di pressione effettiva di tutti i tratti di condotto soprastanti la sezione stessa. I contributi di ogni tratto sono dati dalla differenza tra la pressione statica e la perdita di carico per resistenze fluidodinamiche. A questi deve essere sottratta la perdita di carico dovuta alla presenza del comignolo. La relazione è:

formula 34

$$P_{rl} = \sum_{n=j+1}^{np+1} (P_{sln} - \Delta P_n) - 1/2\ \rho_m \cdot W_m^2 \cdot \xi_q$$

dove:

ξ_q è il coefficiente di perdita localizzata dovuta alla presenza del comignolo.

7.6 Massima variazione consentita fra due iterazioni successive

7.6.1 Variazione di pressione, EP_r

Alla fine del processo iterativo si calcola la differenza fra il valore corrente della pressione effettiva all'apertura o condotto di compensazione e il suo valore ottenuto all'iterazione precedente.

formula 35

$$EP_r = P_D - P_{D0}$$

dove:

P_D è la pressione effettiva all'apertura o condotto di compensazione calcolata secondo la [34],

P_{D0} è la pressione effettiva all'apertura o condotto di compensazione calcolata nell'iterazione precedente.

Se EP_r risulta maggiore del limite stabilito dalla presente norma (0,1 Pa) si ripete l'intero procedimento, adottando come nuovi valori di tentativo quelli ottenuti nell'ultima iterazione eseguita.

Perché il calcolo sia accettabile (abbia cioè raggiunto la convergenza) deve risultare quindi:

formula 36

$$EP_r \leq 0,1$$

8 CRITERI DI VERIFICA

8.1 Pressione effettiva

In corrispondenza di tutte le immissioni nel condotto fumi e per tutti gli stati di carico dell'impianto, deve essere verificata la seguente relazione:

formula 37

$$P_{rf} \geq 0$$

Inoltre nel caso di canna fumaria combinata, per tutte le immissioni da apparecchi in funzione, deve valere la

formula 38

$$(P_{rf} + P_{ra}) \geq 0$$

dove:

P_{ra} è la pressione effettiva all'imbocco del canale d'aria nel condotto aria calcolata secondo la [34];

P_{rf} è la pressione effettiva all'imbocco del canale da fumo nel condotto fumi calcolata secondo la [34].

La verifica deve essere effettuata nei seguenti casi limite:

caso 1: tutti gli apparecchi accesi e funzionanti alle condizioni di portata termica nominale;

caso 2: solo l'apparecchio al piano 1 funzionante alle condizioni di portata termica minima prevista;

caso 3: solo l'apparecchio al piano *np* funzionante alle condizioni di portata termica nominale.

8.2 Temperatura

La temperatura interna di parete in ogni punto del condotto fumi deve soddisfare la [41], nel caso 2 di cui in 8.1, ma con l'apparecchio funzionante alle condizioni di portata termica nominale, utilizzando un fattore per temperatura non costante SH = 1 e una temperatura di progetto esterna calcolata come segue:

- se il camino/canna fumaria è disposto internamente all'edificio per tutta la sua lunghezza senza nessuna porzione della superficie perimetrale esposta all'esterno

formula 39

$$T_a = T_{a,max} = 293,15$$

- se il camino/canna fumaria è disposto esternamente all'edificio per tutta la sua lunghezza e con tutta la superficie perimetrale esposta all'esterno T_a è uguale alle temperature come riportate nel prospetto 1 della presente norma;
- nel caso in cui una porzione ω della superficie perimetrale esterna della canna fumaria sia esposta all'esterno dell'edificio

formula 40

$$T_a = 293\,(1 - \omega) + TP \cdot \omega$$

dove:

TP è la temperatura esterna di progetto come riportato nel prospetto 1 della presente norma espressa però in gradi K.

Verificare la [41] in cui è sufficiente prendere in considerazione la temperatura di parete allo sbocco in atmosfera, dove la temperatura è la più bassa di tutto il condotto dei fumi.

formula 41

$$T_{PU} > T_R$$

dove:

T_{PU} è la temperatura di parete all'uscita del condotto fumi calcolata secondo la [42];

T_R è la temperatura di riferimento pari alla

- temperatura di rugiada se le condizioni di funzionamento previste sono a secco (è determinata come indicato di seguito);
- temperatura di congelamento se le condizioni di funzionamento previste sono a umido (T_R = 273,15 K).

8.2.1 Temperatura di rugiada

È calcolata come segue:

- si determina il bilancio delle specie chimiche nei fumi prima dello sbocco in atmosfera;
- si valuta la pressione parziale del vapor d'acqua nei fumi;
- si ricava infine la temperatura di rugiada in funzione della pressione parziale del vapor d'acqua nei fumi.

Vedere UNI 9615-1, figura 19.

8.2.2 Temperatura di parete all'uscita dal condotto fumi, T_{PU}

È calcolata come segue:

formula 42

$$T_{PU} = T_{fU} - (T_{fU} - T_a)\, k / \alpha_i$$

dove:

k è il coefficiente globale di scambio termico del tratto terminale del condotto fumi calcolato secondo la [22] o [23];

α_i è il coefficiente liminare interno del tratto terminale del condotto fumi calcolato secondo la [20];

T_{fU} è la temperatura fumi all'uscita dal condotto fumi calcolato secondo la [26] o [28].

8.3 Velocità

Nelle stesse condizioni della verifica di temperatura, deve essere verificata la relazione:

formula 43

$$W_m \geq W_{min}$$

dove:

W_m è la velocità calcolata secondo la [14] nel condotto fumi nei tratti attraversati dai fumi provenienti dai generatori di calore in funzione;

W_{min} è la velocità minima ammissibile dei fumi nella canna fumaria pari a:

formula 44

$$W_{min} = f_W \cdot \sqrt[4]{A}$$

in cui:

f_W è il coefficiente di velocità minima pari a 1,58 $m^{1/2} s^{-1}$;

A è l'area netta della sezione di passaggio.

Per il caso 1 di cui in 8.1 deve essere verificata la

formula 45

$$W_m \leq W_{max}$$

dove:

W_{max} è la velocità massima ammissibile dei fumi nella canna fumaria collettiva, pari a 7 m/s.

prospetto 1 **Temperature invernali minime adottate per il calcolo dell'aria esterna**[1)]

Località	Temperatura °C	Località	Temperatura °C
Torino	- 8	Pordenone	- 5
Alessandria	- 8	Udine	- 5
Asti	- 8	Bassa Carnia	- 7
Cuneo	- 10	Alta Carnia	- 10
Alta Valle Cuneese	- 15	Tarvisio	- 15
Novara	- 5	Bologna	- 5
Vercelli	- 7	Ferrara	- 5
Aosta	- 10	Forlì	- 5
Valle d'Aosta	- 15	Modena	- 5
Alta Valle d'Aosta	- 20	Parma	- 5
Genova	0	Piacenza	- 5
Imperia	0	Provincia di Piacenza	- 7
La Spezia	0	Ravenna	- 5
Savona	0	Reggio Emilia	- 5
Milano	- 5	Ancona	- 2
Bergamo	- 5	Ascoli Piceno	- 2
Brescia	- 7	Macerata	- 2
Como	- 5	Pesaro	- 2
Provincia di Como	- 7	Firenze	0
Cremona	- 5	Arezzo	0
Mantova	- 5	Grosseto L.	0
Pavia	- 5	Livorno	0
Sondrio	- 10	Lucca	0
Alta Valtellina	- 15	Massa Carrara	0
Varese	- 5	Pisa	0
Trento	- 12	Siena	- 2
Bolzano	- 15	Perugia	- 2
Venezia	- 5	Terni	- 2
Belluno	- 10	Roma	0
Padova	- 5	Frosinone	0
Rovigo	- 5	Latina	2
Treviso	- 5	Rieti	- 3
Verona	- 5	Viterbo	- 2
Verona (zona lago)	- 3	Napoli	2
Verona (zona montagna)	- 10	Avellino	- 2
Vicenza	- 5	Benevento	- 2
Vicenza (zona altopiani)	- 10	Caserta	0
Trieste	- 5	Salerno	2
Gorizia	- 5	L'Aquila	- 5

segue nella pagina successiva

1) I dati riportati nel prospetto sono desunti dall'allegato 1 del DPR 22 giugno 1977, N° 1052 "Regolamento di esecuzione alla legge 30 aprile 1976, N° 373".

Località	Temperatura °C	Località	Temperatura °C
continua dalla pagina precedente			
Chieti	0	Cosenza	- 3
Pescara	2	Palermo	5
Teramo	0	Agrigento	3
Campobasso	- 4	Caltanissetta	0
Bari	0	Catania	5
Brindisi	0	Enna	- 3
Foggia	0	Messina	5
Lecce	0	Ragusa	0
Taranto	0	Siracusa	5
Potenza	- 3	Trapani	5
Matera	- 2	Cagliari	3
Reggio Calabria	3	Nuoro	0
Catanzaro	- 2	Sassari	2

Ove si tratti di località non espressamente indicata adottare quale temperatura esterna quella della località più vicina indicata nell'elenco, modificandola:

a) per tener conto della diversa altitudine sul livello del mare:
temperatura invariata sino a circa 200 m di differenza di quota;
diminuzione (o aumento) di 1 °C per ogni 200 m di quota maggiore (o minore) oltre 200 m;

b) per tener conto della diversa situazione dell'ambiente esterno:
temperatura invariata, salvo correzione di altezza, in un complesso urbano;
diminuzione di 0,5 a 1 °C in piccoli agglomerati;
diminuzione di 1 a 2 °C in edifici isolati;

c) per tener conto dell'altezza degli edifici, limitatamente ai piani di altezza maggiore di quella degli edifici vicini [inclusa la diminuzione di cui in b)] diminuzione di 1 a 2 °C.

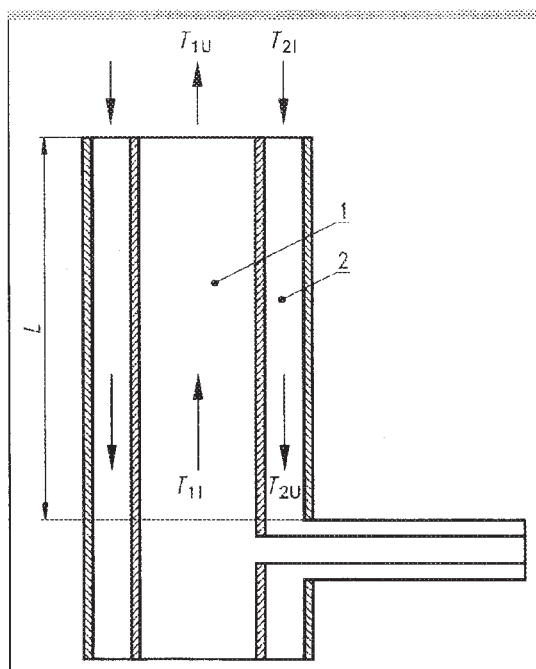
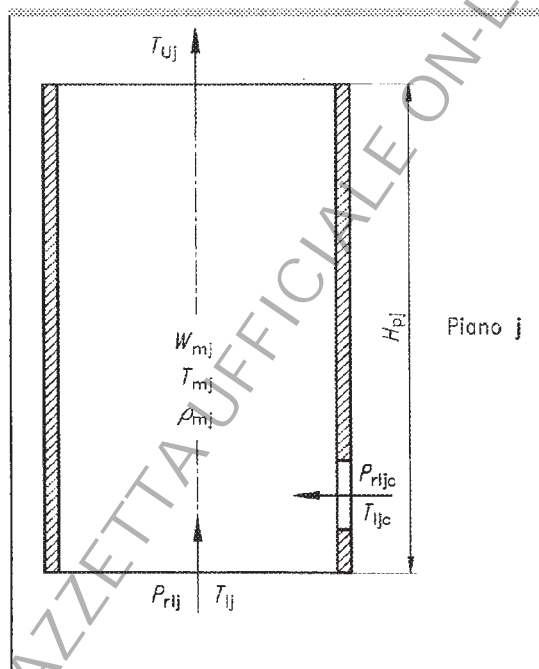
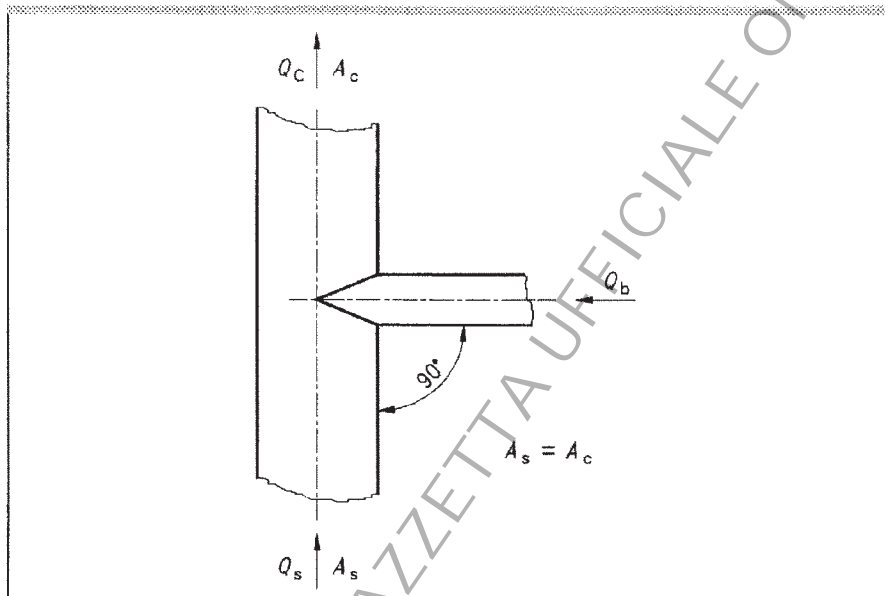
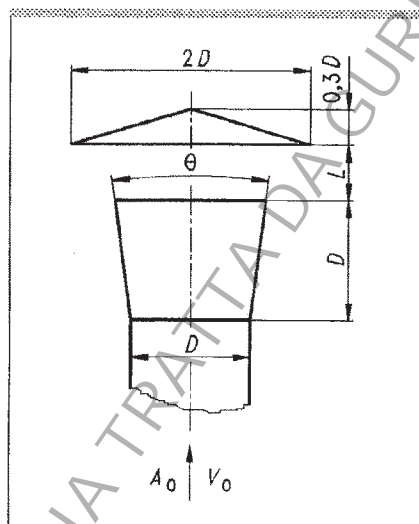
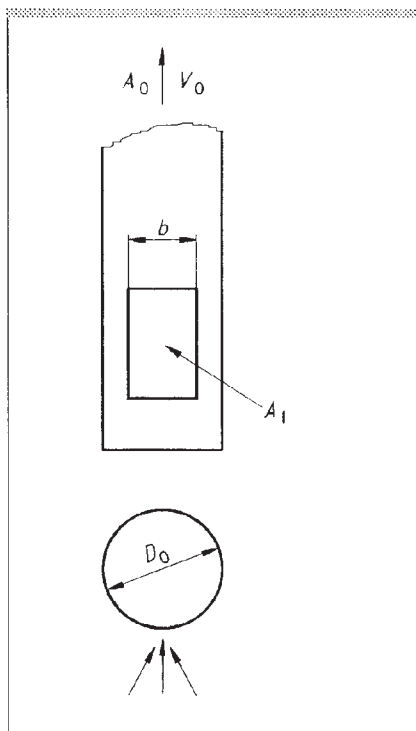
figura 5 **Schema dei flussi in condotti coassiali**
T_{1U}
T_{2I}
1
2
L
T_{1I}
T_{2U}
figura 6 **Parametri del calcolo**
T_{Uj}
W_{mj}
T_{mj}
ρ_{mj}
H_{pj}
Piano j
P_{rIjc}
T_{Ijc}
P_{rIj}
T_{Ij}

APPENDICE A (informativa) COEFFICIENTI DI PERDITA LOCALIZZATATA

figura A.1 **Convergenza a T, rotonda**

prospetto A.1 **Convergenza a T, rotonda**

Condotto fumi											
Q_b / Q_C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	**1,0**
$\xi_{C,S}$	0,0	0,16	0,27	0,38	0,46	0,53	0,57	0,59	0,60	0,59	0,55

figura A.2 **Terminale di scarico**

prospetto A.2 **Terminale di scarico**

θ	ξ_0				
	L / D				
gradi	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
0	---	1,2	1,1	1,0	1,0
15	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60

figura A.3 **Apertura di ingresso dell'aria sul lato di un condotto**

prospetto A.3 **Apertura di ingresso dell'aria sul lato di un condotto**

	ξ_0						
	A_1 / A_0						
b / D_0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
0,13	85	-	-	-	-	-	-
0,26	85	42	23	16	12	-	-
0,38	79	38	23	16	12	9,3	6,4
0,48	75	36	22	15	11	8,8	6,9
0,62	61	33	20	14	10	8,0	6,5
0,70	63	30	18	13	9,4	7,4	6,0

APPENDICE B (informativa)

ESEMPI DI CALCOLO

B.1 Canna fumaria collettiva senza apertura di compensazione[3)]

L'esempio prende in esame una canna fumaria collettiva (vedere 6.1) di altezza totale pari a 10,3 m senza apertura di compensazione alla base. La canna, installata all'esterno, è al servizio di 3 caldaie uguali, ubicate su piani diversi, aventi ciascuna portata termica nominale pari a 26,6 kW. La canna ha diametro interno di 200 mm e resistenza termica pari a 0,34 m^2 K/W.

B.1.1 Dati di partenza

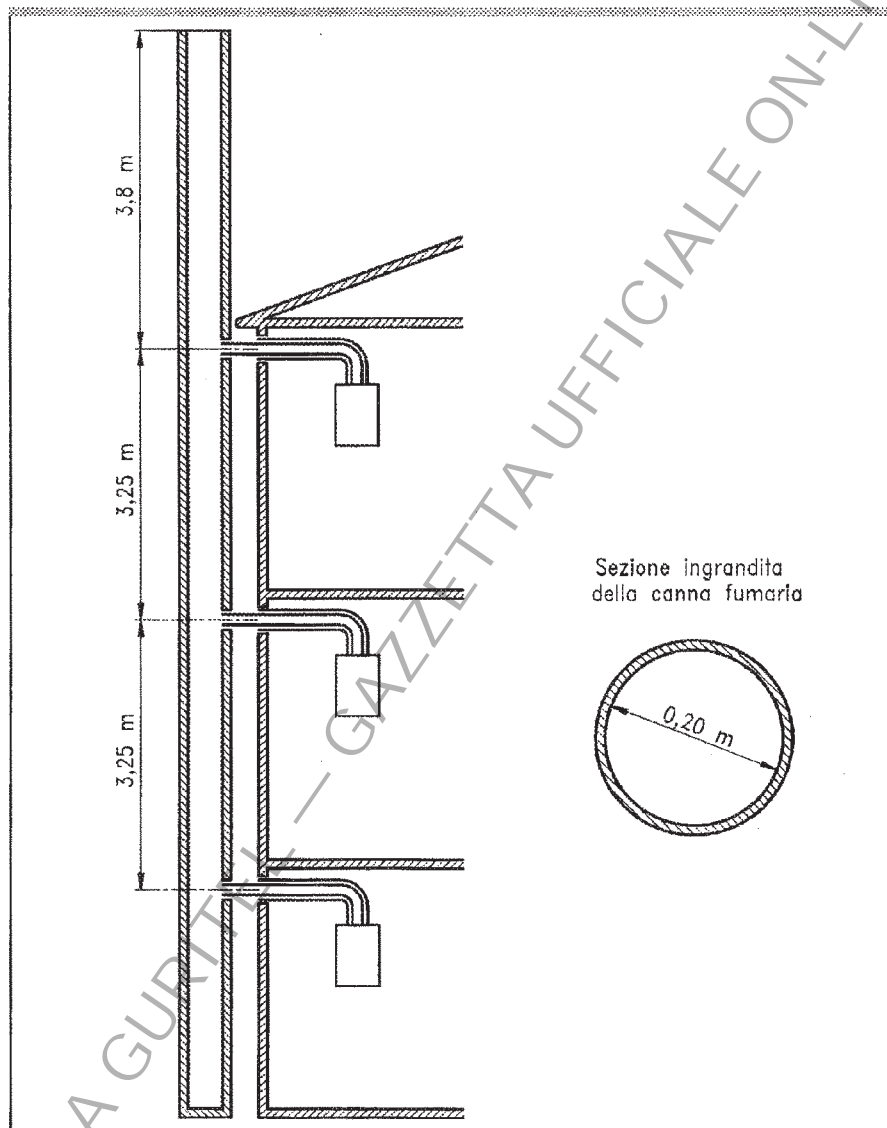
Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Riferimento formule
n° piani		3	
temperatura ambiente	K	293,15	[3]
costante dell'aria	J/(kg K)	288	
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 004,6	
altezza geodetica	m	120	
pressione atmosferica	Pa	95 500	
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,13	[4]
coefficiente liminare esterno condotto fumi	$W/(m^2 K)$	23	[7]
coefficiente liminare esterno canali da fumo	$W/(m^2 K)$	8	[7]
fattore per temperatura non costante	-	0,5	
coefficiente di sicurezza fluidodinamico	-	1,2	
potere calorifico inferiore	MJ/kg	50	
costante dei fumi	J/(kg K)	300	
configurazione	-	A	
forma sezione	-	Circolare	
diametro interno condotto fumi (vedere figura B.1)	m	0,2	
diametro esterno condotto fumi	m	0,25	
rugosità condotto fumi	m	0,001	
resistenza termica condotto fumi	m^2 K/W	0,34	
area interna condotto fumi	m^2	0,031 4	
perimetro interno condotto fumi	m	0,63	
diametro idraulico interno del condotto fumi	m	0,2	[5]
area esterna del condotto fumi	m^2	0,049 1	
perimetro esterno condotto fumi	m	0,79	
diametro idraulico esterno del condotto fumi	m	0,25	[5]

3) I dati usati in questo esempio sono dati di ingresso tipici delle canne collettive di materiale metallico. L'esempio è applicabile anche ad altri materiali modificando opportunamente i dati di ingresso.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
resistenza termica parete canali da fumo	m^2 K/W	0,00	0,00	0,00	
diametro interno canali da fumo	m	0,063	0,063	0,063	
diametro esterno canali da fumo	m	0,065	0,065	0,065	
altezza canali da fumo	m	0,14	0,18	0,06	
sviluppo canali da fumo	m	1,07	1,14	0,74	
rugosità canali da fumo	m	0,001	0,001	0,001	
altezza piano (vedere figura B.1)	m	3,25	3,25	3,8	
portata termica	W	26 600	26 600	26 600	
rendimento	%	87	87	87	
eccesso d'aria	%	153	153	153	
portata massica fumi	kg/s	0,023	0,023	0,023	
temperatura fumi all'uscita apparecchio	K	419,15	419,15	419,15	
capacità termica massica fumi all'uscita apparecchio	J/(kg K)	1 070	1 070	1 070	
area interna canali da fumo	m^2	0,003 1	0,003 1	0,003 1	
perimetro interno canali da fumo	m	0,2	0,2	0,2	
diametro idraulico interno canali da fumo	m	0,063	0,063	0,063	[5]
area esterna canali da fumo	m^2	0,003 3	0,003 3	0,003 3	
perimetro esterno canali da fumo	m	0,2	0,2	0,2	
diametro idraulico esterno canali da fumo	m	0,065	0,065	0,065	[5]

figura B.1 **Disegno schematico della canna collettiva**

B.1.2 **Risultati del calcolo**

I risultati del calcolo evidenziano depressioni all'interno del condotto fumi, in corrispondenza degli innesti dei canali da fumo con valori da 10 Pa a 28 Pa con le tre caldaie accese. Inoltre la velocità nel condotto fumi assume valori massimi pari a 3 m/s circa, cioè molto minori del limite di 7 m/s di cui in 8.3 e alla [45]. Di seguito si riporta indicativamente l'ultima iterazione del calcolo.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,77	0,77	0,77	[13]
velocità media fumi	m/s	9,56	9,55	9,61	[14]
n° di Reynolds	-	25 824	25 824	25 824	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,046	0,046	0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,024	0,024	0,024	[15]
n° di Nusselt	-	101	101	101	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	48	48	48	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	12	12	12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,11	0,12	0,08	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	406	405	410	[26]
temperatura media fumi	K	413	412	415	[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,023	0,046	0,069	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	406	396	394	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	0,78	0,80	0,81	[13]
velocità media fumi	m/s	0,93	1,82	2,72	[14]
n° di Reynolds	-	8 135	16 269	24 404	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,039	0,035	0,034	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,033	0,027	0,025	[15]
n° di Nusselt	-	27	53	77	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	8	12	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	3	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,18	0,11	0,09	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	387	386	385	[26]
temperatura media fumi	K	396	391	389	[29]
temperatura parete all'uscita	K	347	356	362	[42]
pressione statica	Pa	11	10	12	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-	0,55	0,53	0,41	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa	1	2	2	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	28	18	10	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,00			[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (solo la caldaia più bassa accesa al minimo del carico pari a 10,6 kW e 0,010 kg/s e 135 °C all'uscita dal generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 21 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,80			[13]
velocità media fumi	m/s	4,01			[14]
n° di Reynolds	-	11 228			[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,048			[15]
fattore di attrito liscio	-	0,030			[15]
n° di Nusselt	-	44			[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	21			[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	9			[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040			
fattore di raffreddamento	-	0,19			[24]
temperatura fumi all'uscita	K	388			[26]
temperatura media fumi	K	398			[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,01	0,01	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	388	356	334	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	0,82	0,93	0,99	[13]
velocità media fumi	m/s	0,39	0,34	0,32	[14]
n° di Reynolds	-	3 537	3 537	3 537	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,046	0,046	0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,041	0,041	0,041	[15]
n° di Nusselt	-	11	11	11	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	2	2	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,42	0,42	0,49	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	356	334	318	[26]
temperatura media fumi	K	371	344	326	[29]
temperatura parete all'uscita	K	329	317	308	[42]
pressione statica	Pa	10	6	5	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-	0,55	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa	0	0	0	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	21	11	5	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,00			[35]

Nel caso 3 di cui 8.1 (solo la caldaia più alta funzionante a carico massimo) la depressione all'imbocco del canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 13 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3			0,77	[13]
velocità media fumi	m/s			9,61	[14]
n° di Reynolds	-			25 824	[16]
fattore di attrito ruvido	-			0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-			0,024	[15]
n° di Nusselt	-			101	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)			48	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)			12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)			1 040	
fattore di raffreddamento	-			0,08	[24]
temperatura fumi all'uscita	K			410	[26]
temperatura media fumi	K			415	[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,000	0,000	0,023	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	293	409	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,13	1,13	0,78	[13]
velocità media fumi	m/s	0,00	0,00	0,95	[14]
n° di Reynolds	-	100	100	8 170	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,171	0,171	0,039	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,169	0,169	0,033	[15]
n° di Nusselt	-	- 5	- 5	27	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	2	2	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	42,01	42,01	0,21	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	293	387	[26]
temperatura media fumi	K	293	293	398	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	293	347	[42]
pressione statica	Pa	0	0	13	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-	0,00	0,00	0,55	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa	0	0	0	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	13	13	13	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,00			[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa funzionante a carico massimo con temperatura esterna pari a - 5 °C come da prospetto 1) la temperatura di uscita risulta pari a 67 °C e quindi sicuramente maggiore del punto di rugiada. Nelle condizioni suddette, la minima velocità nel condotto fumi risulta pari a 0,84 m/s a fronte di un valore minimo secondo 8.3 di 0,67 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3	0,77			[13]
velocità media fumi	m/s	9,61			[14]
n° di Reynolds	-	25 824			[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,046			[15]
fattore di attrito liscio	-	0,024			[15]
n° di Nusselt	-	101			[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	48			[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	7			[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040			
fattore di raffreddamento	-	0,06			[24]
temperatura fumi all'uscita	K	410			[26]
temperatura media fumi	K	415			[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,023	0,023	0,023	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	410	394	381	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	0,78	0,84	0,87	[13]
velocità media fumi	m/s	0,94	0,87	0,84	[14]
n° di Reynolds	-	8 135	8 135	8 135	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,039	0,039	0,039	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,033	0,033	0,033	[15]
n° di Nusselt	-	27	27	27	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	1	1	1	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,12	0,12	0,14	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	394	381	366	[26]
temperatura media fumi	K	402	387	373	[29]
temperatura parete all'uscita	K	360	350	340	[42]
pressione statica	Pa	15	13	14	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-	0,55	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa	0	0	0	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	40	26	13	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,00			[35]

Dai risultati sopra riportati si può concludere che questa canna fumaria soddisfa ai criteri di verifica della presente norma, per condizioni di funzionamento a secco.

B.2 Canna collettiva con apertura di compensazione[4)]

L'esempio prende in esame una canna collettiva (vedere 6.1) di altezza totale pari a 20,5 m senza apertura di compensazione alla base. La canna, installata all'esterno, è al servizio di 4 caldaie uguali, ubicate su piani diversi aventi ciascuna portata termica nominale di 26,6 kW. La canna ha diametro interno di 200 mm e resistenza termica di parete pari a 0,28 m^2 K/W.

B.2.1 Dati di partenza

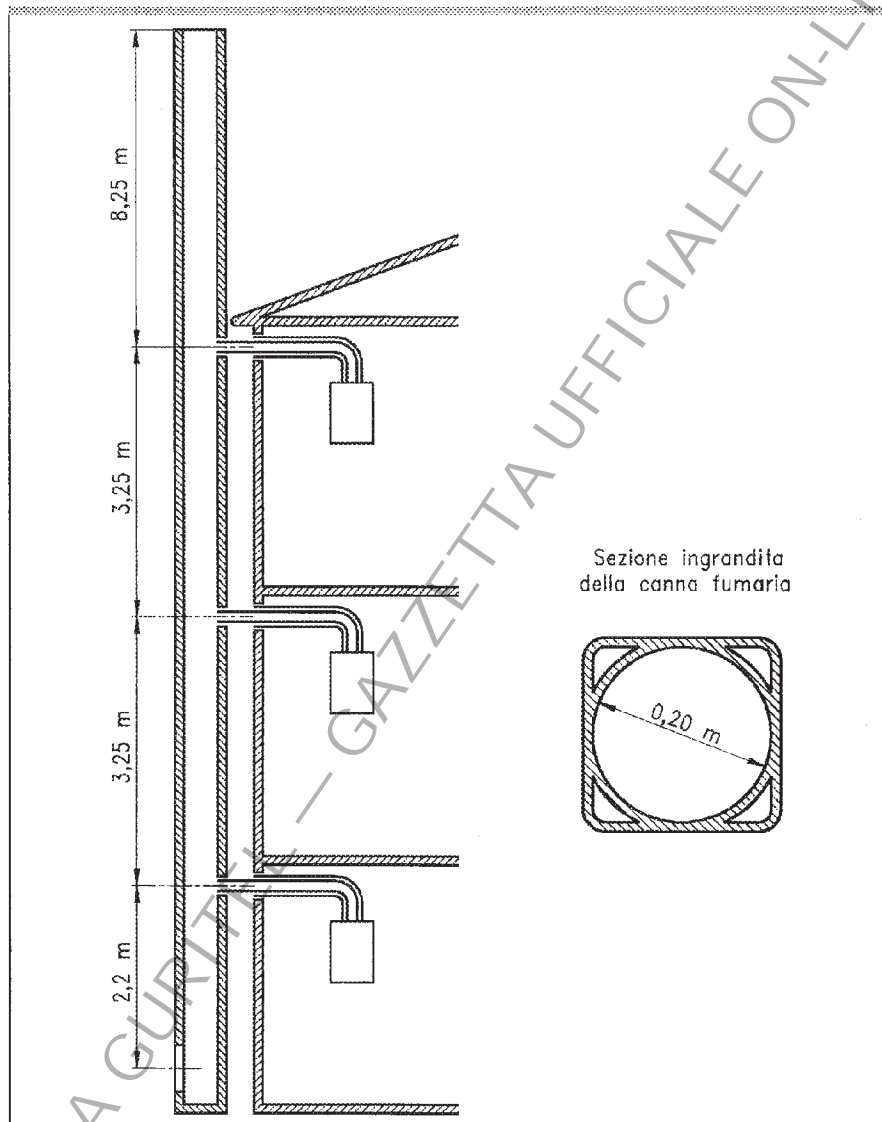
Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Riferimento formule
n° piani		4	
temperatura ambiente	K	293,15	[3]
costante dell'aria	J/(kg K)	288	
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 004,6	
altezza geodetica	m	500	
pressione atmosferica	Pa	91 000	
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,08	[4]
coefficiente liminare esterna del condotto fumi	W/(m^2 K)	11,7	[7]
coefficiente liminare esterna canali da fumo	W/(m^2 K)	8	[7]
fattore per temperatura non costante	-	0,5	
coefficiente di sicurezza fluidodinamico	-	1,2	
potere calorifico inferiore	MJ/kg	50	
costante dei fumi	J/(kg K)	300	
configurazione	-	A	
forma sezione	-	Circol.	
sezione apertura di compensazione	m^2	0,01	
coefficiente di perdita localizzata apertura di compensazione	-	16	
coefficiente di perdita localizzata comignolo	-	1,4	
diametro interno del condotto fumi (vedere figura B.2)	m	0,2	
diametro esterno del condotto fumi	m	0,4	
rugosità del condotto fumi	m	0,003	
resistenza termica del condotto fumi	m^2 K/W	0,28	
area interna del condotto fumi	m^2	0,031 4	
perimetro interno del condotto fumi	m	0,63	
diametro idraulico interno del condotto fumi	m	0,2	[5]
area esterna del condotto fumi	m^2	0,125 7	
perimetro esterno del condotto fumi	m	1,26	
diametro idraulico esterna del condotto fumi	m	0,25	[5]

4) I dati usati in questo esempio sono tipici di una canna collettiva di conglomerato cementizio. L'esempio è applicabile anche ad altri materiali modificando opportunamente i dati di ingresso.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore					Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
resistenza termica parete canali da fumo	m^2 K/W		0,00	0,00	0,00	0,00	
diametro interno canali da fumo	m		0,063	0,063	0,063	0,063	
diametro esterno canali da fumo	m		0,065	0,065	0,065	0,065	
altezza canali da fumo	m		0,14	0,14	0,14	0,14	
rugosità canali da fumo	m		0,001	0,001	0,001	0,001	
altezza piano Hp (vedere figura B.2)	m	2,2	3,25	3,25	3,25	8,25	
portata termica	W		26 600	26 600	26 600	26 600	
rendimento	%		90	90	90	90	
eccesso d'aria	%		110	110	110	110	
portata massica fumi	kg/s		0,020	0,020	0,020	0,020	
temperatura fumi all'uscita apparecchio	K		408	408	408	408	
capacità termica massica fumi all'uscita apparecchio	J/(kg K)		1 070	1 070	1 070	1 070	
area interna canali da fumo	m^2		0,003 1	0,003 1	0,003 1	0,003 1	
perimetro interno canali da fumo	m		0,20	0,20	0,20	0,20	
diametro idraulico interno canali da fumo	m		0,063	0,063	0,063	0,063	[5]
area esterna canali da fumo	m^2		0,003 3	0,003 3	0,003 3	0,003 3	
perimetro esterno canali da fumo	m		0,20	0,20	0,20	0,20	
diametro idraulico esterno canali da fumo	m		0,065	0,065	0,065	0,065	[5]

figura B.2 **Disegno schematico della canna collettiva**

B.2.2 **Risultati del calcolo**

I risultati del calcolo evidenziano depressioni all'interno del condotto fumi, in corrispondenza degli innesti dei canali da fumo con valori da 1 Pa a 14 Pa in situazione di regime stazionario e con tre caldaie accese. Si può quindi dire che la canna fumaria presenta buone condizioni di funzionamento per la verifica del tiraggio nel caso 1. Per quanto riguarda i valori di velocità massima (relazione [45]), si ottiene che in canna fumaria il valore massimo risulta pari a 3,6 m/s. Di seguito si riporta l'ultima iterazione del calcolo con i risultati della verifica.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,76	0,76	0,76	0,76	[13]
velocità media fumi	m/s		8,49	8,49	8,49	8,49	[14]
n° di Reynolds	-		22 456	22 456	22 456	22 456	[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046	0,046	0,046	0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025	0,025	0,025	0,025	[15]
n° di Nusselt	-		88	88	88	88	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		42	42	42	42	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)		12	12	12	12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-		0,12	0,12	0,12	0,12	[24]
temperatura fumi all'uscita	K		395	395	395	395	[26]
temperatura media fumi	K		401	401	401	401	[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,03	0,05	0,07	0,09	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	353	362	364	365	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,08	0,86	0,84	0,83	0,83	[13]
velocità media fumi	m/s	0,41	1,25	2,05	2,82	3,59	[14]
n° di Reynolds	-	4 884	11 958	19 031	26 105	33 178	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,052	0,047	0,046	0,045	0,045	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,038	0,029	0,026	0,024	0,023	[15]
n° di Nusselt	-	18	47	74	101	127	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	7	11	15	19	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3	3	4	4	5	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,27	0,19	0,15	0,12	0,10	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	343	353	356	358	[26]
temperatura media fumi	K	293	348	357	360	361	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	320	332	338	342	[42]
pressione statica	Pa	0	7	8	8	8	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,57	0,44	0,35	0,28	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		2	3	5	5	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	14	14	9	4	1	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,10					[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (solo la caldaia più bassa funzionante a carico minimo pari a 10 kW, 0,020 kg/s e 72 °C all'uscita dal generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 10 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,89				[13]
velocità media fumi	m/s		7,60				[14]
n° di Reynolds	-		23 579				[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046				[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025				[15]
n° di Nusselt	-		93				[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		44				[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)		12				[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040				
fattore di raffreddamento	-		0,12				[24]
temperatura fumi all'uscita	K		339				[26]
temperatura media fumi	K		342				[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	323	318	313	310	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,08	0,94	0,99	1,01	1,02	[13]
velocità media fumi	m/s	0,34	1,11	1,04	1,03	1,02	[14]
n° di Reynolds	-	4 123	11 550	11 550	11 550	11 550	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,053	0,047	0,047	0,047	0,047	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,040	0,030	0,030	0,030	0,030	[15]
n° di Nusselt	-	14	45	45	45	45	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	7	7	7	7	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	3	3	3	3	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,32	0,19	0,19	0,19	0,19	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	318	313	310	307	[26]
temperatura media fumi	K	293	320	315	311	308	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	306	304	302	300	[42]
pressione statica	Pa	0	4	3	2	2	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,58	0,00	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		1	1	0	0	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	10	10	6	4	2	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,06					[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 (solo la caldaia più alta collegata, funzionante al massimo del carico) la depressione all'imbocco del canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 13 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
massa volumica media fumi	kg/m³					0,76	[13]
velocità media fumi	m/s					8,49	[14]
n° di Reynolds	-					22 456	[16]
fattore di attrito ruvido	-					0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-					0,025	[15]
n° di Nusselt	-					88	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)					42	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)					12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)					1 040	
fattore di raffreddamento	-					0,12	[24]
temperatura fumi all'uscita	K					395	[26]
temperatura media fumi	K					401	[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	293	293	293	355	[12]
massa volumica fumi	kg/m³	1,08	1,08	1,08	1,08	0,85	[13]
velocità media fumi	m/s	0,38	0,38	0,38	0,38	1,23	[14]
n° di Reynolds	-	4 538	4 538	4 538	4 538	11 647	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,052	0,052	0,052	0,052	0,047	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,038	0,038	0,038	0,038	0,030	[15]
n° di Nusselt	-	16	16	16	16	46	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	5	5	5	5	7	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	3	3	3	3	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,29	0,29	0,29	0,29	0,19	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	293	293	293	344	[26]
temperatura media fumi	K	293	293	293	293	349	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	293	293	293	320	[42]
pressione statica	Pa	0	0	0	0	15	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,01	0,00	0,00	0,57	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		0	0	1	1	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	12	12	12	13	13	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,07					[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa funzionante al carico massimo con temperature esterne pari a 4 °C come risulta dal prospetto 1 per città del sud ad un'altezza maggiore di 200 m s.l.m.) la temperatura di uscita risulta pari a 38 °C e quindi maggiore del punto di rugiada (T_R = 33 °C). Nelle condizioni suddette, la minima velocità nel condotto fumi risulta pari a 1,25 m/s a fronte di un valore limite, secondo 8.3, di 0,7 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,75				[13]
velocità media fumi	m/s		8,55				[14]
n° di Reynolds	-		22 456				[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046				[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025				[15]
n° di Nusselt	-		88				[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		42				[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)		7				[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040				
fattore di raffreddamento	-		0,07				[24]
temperatura fumi all'uscita	K		400				[26]
temperatura media fumi	K		404				[29]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	
portata massica fumi	kg/s	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	289	348	341	336	331	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,09	0,87	0,93	0,94	0,96	[13]
velocità media fumi	m/s	0,52	1,38	1,30	1,28	1,25	[14]
n° di Reynolds	-	6 289	13 362	13 362	13 362	13 362	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,050	0,047	0,047	0,047	0,047	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,035	0,029	0,029	0,029	0,029	[15]
n° di Nusselt	-	24	52	52	52	52	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	8	8	8	8	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	2	2	2	2	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	289	341	336	331	320	[26]
temperatura media fumi	K	289	345	338	333	326	[29]
temperatura parete all'uscita	K	289	327	322	319	311	[42]
pressione statica	Pa	0	7	5	5	10	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,54	0,00	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		1	1	1	2	[17]
pressione effettiva all'ingresso	Pa	23	23	17	12	8	[34]
massimo errore di pressione all'ingresso	Pa	0,12					[35]

Dai risultati sopra riportati si può concludere che questa canna fumaria soddisfa ai criteri di verifica della presente norma, per funzionamento a secco.

B.3 Canna fumaria collettiva combinata con condotti adiacenti[5)]

L'esempio prende in esame una canna combinata con condotti adiacenti (vedere 6.1) di altezza totale pari a 12,5 m. I due condotti sono collegati alla base da un condotto di compensazione. La canna, installata all'esterno, è al servizio di 3 caldaie uguali, ubicate su piani diversi, aventi ciascuna portata termica unitaria pari a 26,6 kW. Il condotto fumi ha un diametro interno di 160 mm ed una resistenza termica pari a 0,44 m^2 K/W.

B.3.1 Dati di partenza

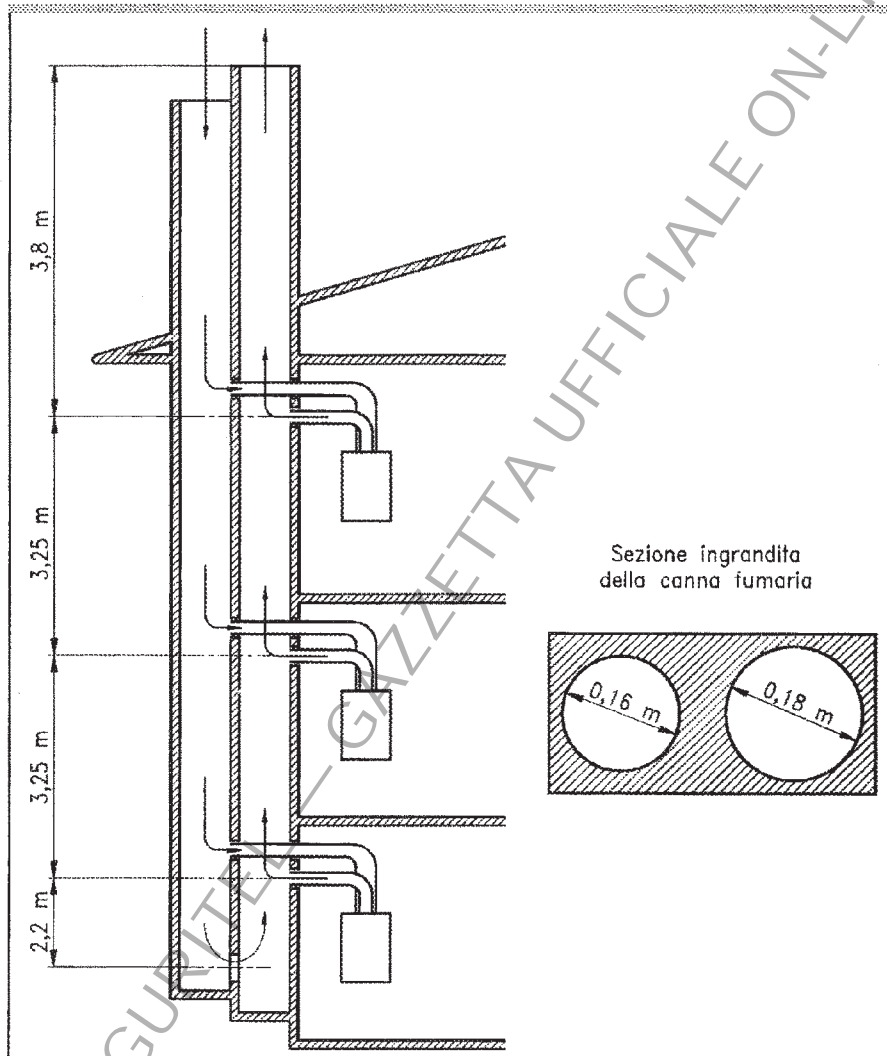
Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Riferimento formule
n° piani		3	
temperatura ambiente	K	293,15	[3]
costante dell'aria	J/(kg K)	288	
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 004,6	
altezza geodetica	m	120	
pressione atmosferica	Pa	95 500	
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,13	[4]
coefficiente liminare esterno del condotto fumi	W/(m^2 K)	23	[7]
coefficiente liminare esterno canali da fumo	W/(m^2 K)	8	[7]
fattore per temperatura non costante	-	0,5	
coefficiente di sicurezza fluidodinamico	-	1,2	
potere calorifico inferiore	MJ/kg	50	
costante dei fumi	J/(kg K)	300	
configurazione	-	C	
forma sezione	-	Circolare	
sezione apertura del condotto di compensazione	m^2	0,01	
coefficiente di perdita localizzata del condotto compensazione	-	27	
diametro interno del condotto fumi (vedere figura B.3)	m	0,16	
diametro esterno del condotto fumi	m	0,3	
resistenza termica del condotto fumi	m^2 K/W	0,44	
diametro interno del condotto aria (vedere figura B.3)	m	0,18	
diametro esterno del condotto aria	m	0,25	
rugosità condotti	m	0,001	
area interna del condotto fumi	m^2	0,020 1	
perimetro interno del condotto fumi	m	0,50	
area interna del condotto aria	m^2	0,025 4	
perimetro interno del condotto aria	m	0,57	

5) I dati usati in questo esempio sono tipici di una canna combinata di materiale refrattario. L'esempio è applicabile anche ad altri materiali modificando opportunamente i dati di ingresso.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
resistenza termica parete canali da fumo	m^2 K/W		0,00	0,00	0,00	
diametro interno canali da fumo	m		0,063	0,063	0,063	
diametro esterno canali da fumo	m		0,065	0,065	0,065	
altezza canali da fumo	m		0,14	0,14	0,14	
sviluppo canali da fumo	m		2,07	2,07	2,07	
rugosità canali da fumo	m		0,001	0,001	0,001	
altezza piano	m	2,2	3,25	3,25	3,8	
portata termica	W		26 600	26 600	26 600	
rendimento di combustione	-		90	90	90	
eccesso d'aria	-		120	120	120	
portata massica fumi	kg/s		0,020	0,020	0,020	
temperatura fumi all'uscita apparecchio	K		416	416	416	
capacità termica massica fumi all'uscita apparecchio	J/(kg K)		1 070	1 070	1 070	
area interna canali da fumo	m^2		0,003 1	0,003 1	0,003 1	
perimetro interno canali da fumo	m		0,20	0,20	0,20	
diametro idraulico interno canali da fumo	m		0,063	0,063	0,063	[5]
area esterna canali da fumo	m^2		0,003 3	0,003 3	0,003 3	
perimetro esterno canali da fumo	m		0,20	0,20	0,20	
diametro idraulico esterno canali da fumo	m		0,065	0,065	0,065	[5]

figura B.3 **Disegno schematico di canna combinata**

B.3.2 **Risultati del calcolo**

I risultati del calcolo evidenziano depressioni all'interno del condotto fumi e differenza di tiraggio tra il condotto fumi e quello dell'aria, in corrispondenza degli innesti dei canali da fumo con valori compresi tra 4 Pa e 11 Pa e rispettivamente 1 Pa e 7 Pa, con le tre caldaie accese (8.1, caso 1). Per quanto riguarda i valori di velocità massima (relazione [45]), si ottiene che in canna fumaria il valore massimo risulta pari 4 m/s. Di seguito si riporta l'ultima iterazione del calcolo con i risultati della verifica.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,79	0,79	0,79	[13]
velocità media fumi	m/s		8,12	8,11	8,16	[14]
n° di Reynolds	-		22 456	22 456	22 456	[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046	0,046	0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025	0,025	0,025	[15]
n° di Nusselt	-		88	88	88	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		42	42	42	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)		12	12	12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-		0,23	0,24	0,20	[24]
temperatura fumi all'uscita	K		390	390	394	[26]
temperatura media fumi	K		403	402	405	[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica aria	kg/s	0,01	0,03	0,05	0,06	[10]
temperatura aria all'ingresso	K	293	293	293	293	[12]
massa volumica aria	kg/m^3	1,13	1,13	1,13	1,13	[13]
velocità media	m/s	0,27	0,93	1,59	2,25	[14]
n° di Reynolds	-	3 066	10 533	17 999	25 466	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,048	0,038	0,036	0,034	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,043	0,030	0,027	0,024	[15]
n° di Nusselt	-	9	35	59	82	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	6	10	14	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	0	0	0	0	[22]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore di raffreddamento	-	0,00	0,00	0,00	0,00	[24]
temperatura aria all'uscita	K	293	293	293	293	[26]
temperatura aria media	K	293	293	293	293	[29]
pressione statica	Pa	0	0	0	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,03	0,05	0,07	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	363	368	370	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,13	0,88	0,86	0,86	[13]
velocità media fumi	m/s	0,34	1,58	2,75	3,92	[14]
n° di Reynolds	-	3 450	12 292	21 134	29 976	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,047	0,038	0,036	0,035	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,042	0,029	0,026	0,023	[15]
n° di Nusselt	-	10	42	70	97	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	8	13	18	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	3	3	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,32	0,16	0,11	0,09	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	353	361	363	[26]
temperatura media fumi	K	293	358	364	367	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	332	344	350	[42]
pressione statica	Pa	0	8	9	10	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,59	0,47	0,37	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		3	6	7	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa	11	11	6	4	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa	- 4	- 4	- 4	- 3	[34]
verifica pressioni	Pa	7	7	2	1	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1				[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (solo la caldaia più bassa funzionante a carico minimo pari a 8,9 kW, 0,020 kg/s e 67 °C all'uscita dal generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 8 Pa e la differenza di tiraggio tra il condotto fumi e quello dell'aria risulta pari a 7 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m³		0,93			[13]
velocità media fumi	m/s		6,93			[14]
n° di Reynolds	-		22 456			[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046			[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025			[15]
n° di Nusselt	-		88			[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		42			[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)		12			[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040			
fattore di raffreddamento	-		0,23			[24]
temperatura fumi all'uscita	K		338			[26]
temperatura media fumi	K		344			[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica aria	kg/s	0,01	0,03	0,03	0,03	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	293	293	293	293	[12]
massa volumica aria	kg/m³	1,13	1,13	1,13	1,13	[13]
velocità media	m/s	0,26	0,92	0,92	0,92	[14]
n° di Reynolds	-	2 943	10 410	10 410	10 410	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,049	0,038	0,038	0,038	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,044	0,031	0,031	0,031	[15]
n° di Nusselt	-	8	35	35	35	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	5	6	6	6	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	0	0	0	0	[22]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore di raffreddamento	-	0,00	0,00	0,00	0,00	[24]
temperatura aria all'uscita	K	293	293	293	293	[26]
temperatura aria media	K	293	293	293	293	[29]
pressione statica	Pa	0	0	0	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,03	0,03	0,03	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	326	321	317	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,13	0,98	1,03	1,05	[13]
velocità media fumi	m/s	0,34	1,41	1,33	1,32	[14]
n° di Reynolds	-	3 415	12 257	12 257	12 257	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,047	0,038	0,038	0,038	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,042	0,029	0,029	0,029	[15]
n° di Nusselt	-	10	42	42	42	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	8	8	8	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	3	3	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,32	0,16	0,16	0,18	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	321	317	313	[26]
temperatura media fumi	K	293	323	319	315	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	311	308	306	[42]
pressione statica	Pa	0	5	3	3	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,59	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		1	1	1	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa	8,4	8,4	4,4	2,2	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa	- 1,3	- 1,3	- 0,9	- 0,4	[34]
verifica pressioni	Pa	7,1	7,1	3,5	1,8	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1				[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 (solo la caldaia più alta collegata, funzionante a carico massimo) la depressione all'imbocco del canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 9 Pa e la differenza di pressione tra i due condotti pari a 8 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3				0,79	[13]
velocità media fumi	m/s				8,16	[14]
n° di Reynolds	-				22 456	[16]
fattore di attrito ruvido	-				0,046	[15]
fattore di attrito liscio	-				0,025	[15]
n° di Nusselt	-				88	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$				42	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$				12	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)				1 040	
fattore di raffreddamento	-				0,20	[24]
temperatura fumi all'uscita	K				394	[26]
temperatura media fumi	K				405	[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica aria	kg/s	0,01	0,01	0,01	0,03	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	293	293	293	293	[12]
massa volumica aria	kg/m^3	1,13	1,13	1,13	1,13	[13]
velocità media	m/s	0,25	0,25	0,25	0,91	[14]
n° di Reynolds	-	2 851	2 851	2 851	10 317	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,049	0,049	0,049	0,038	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,044	0,044	0,044	0,031	[15]
n° di Nusselt	-	8	8	8	35	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	5	5	5	6	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	0	0	0	0	[22]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore di raffreddamento	-	0,00	0,00	0,00	0,00	[24]
temperatura aria all'uscita	K	293	293	293	293	[26]
temperatura aria media	K	293	293	293	293	[29]
pressione statica	Pa	0	0	0	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,01	0,01	0,03	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	293	293	293	366	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,13	1,13	1,13	0,87	[13]
velocità media fumi	m/s	0,34	0,34	0,34	1,59	[14]
n° di Reynolds	-	3 372	3 416	3 416	12 258	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,048	0,047	0,047	0,038	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,042	0,042	0,042	0,029	[15]
n° di Nusselt	-	10	10	10	42	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	8	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	2	2	3	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,32	0,47	0,47	0,18	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	293	293	293	354	[26]
temperatura media fumi	K	293	293	293	360	[29]
temperatura parete all'uscita	K	293	293	293	332	[42]
pressione statica	Pa	0	0	0	10	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,02	0,00	0,59	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		0	1	1	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa	7,6	7,6	7,7	8,6	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa	- 0,5	- 0,5	- 0,4	- 0,4	[34]
verifica pressioni	Pa	7,1	7,1	7,3	8,2	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1				[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa funzionante a carico massimo) con temperatura esterna pari a - 5 °C come da prospetto 1) la temperatura di uscita risulta pari a 67 °C e quindi sicuramente maggiore del punto di rugiada. Nelle condizioni suddette, la minima velocità nel condotto fumi risulta pari a 0,84 m/s a fronte di un valore minimo secondo 8.3, di 0,67 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,78			[13]
velocità media fumi	m/s		8,21			[14]
n° di Reynolds	-		22 456			[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,046			[15]
fattore di attrito liscio	-		0,025			[15]
n° di Nusselt	-		88			[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)		42			[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)		7			[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040			
fattore di raffreddamento	-		0,14			[24]
temperatura fumi all'uscita	K		399			[26]
temperatura media fumi	K		408			[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica aria	kg/s	0,01	0,03	0,03	0,03	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	286	286	286	286	[12]
massa volumica aria	kg/m^3	1,16	1,16	1,16	1,16	[13]
velocità media	m/s	0,41	1,05	1,05	1,05	[14]
n° di Reynolds	-	4 748	12 215	12 215	12 215	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,044	0,037	0,037	0,037	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,038	0,029	0,029	0,029	[15]
n° di Nusselt	-	15	41	41	41	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	7	7	7	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	0	0	0	0	[22]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	
fattore di raffreddamento	-	0,00	0,00	0,00	0,00	[24]
temperatura aria all'uscita	K	286	286	286	286	[26]
temperatura aria media	K	286	286	286	286	[29]
pressione statica	Pa	0	0	0	0	33

Condotto fumi

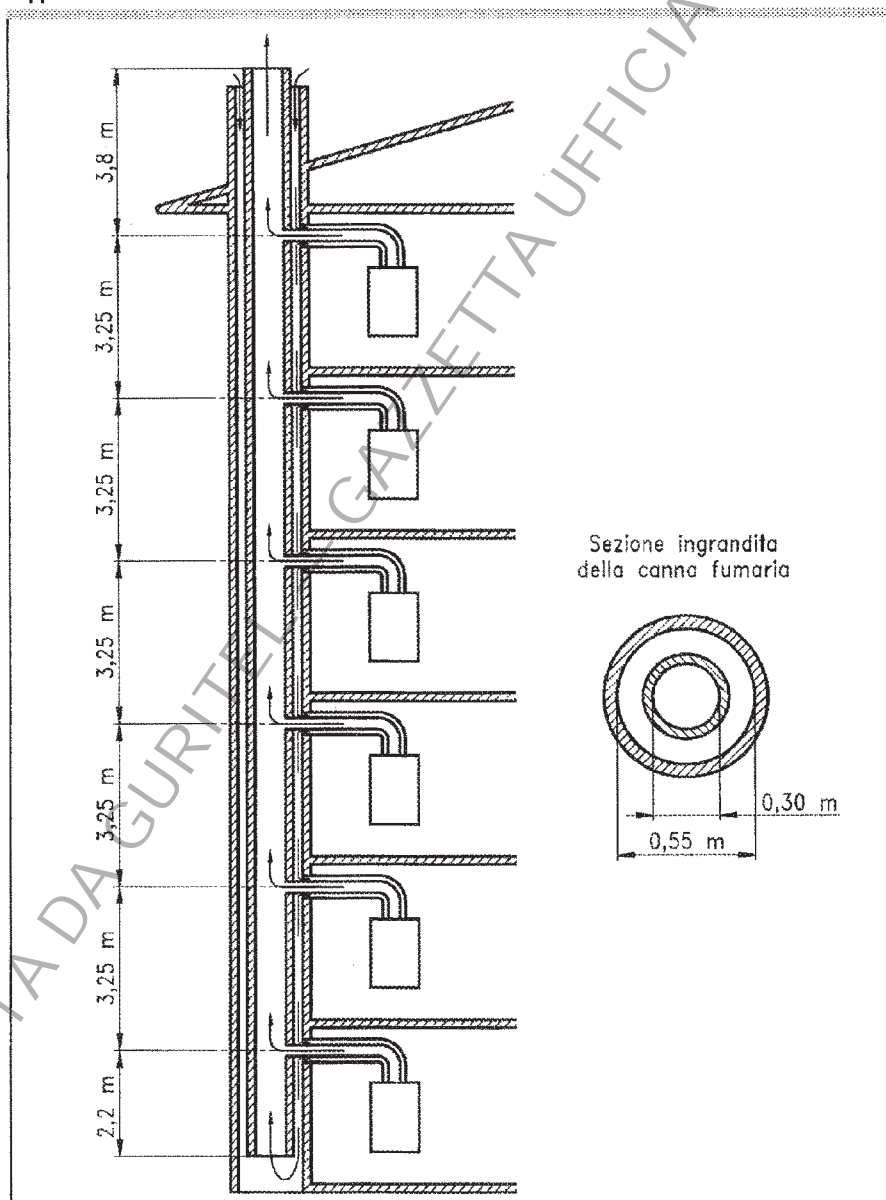
Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	
portata massica fumi	kg/s	0,01	0,03	0,03	0,03	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	286	357	351	346	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,16	0,89	0,95	0,96	[13]
velocità media fumi	m/s	0,52	1,79	1,69	1,67	[14]
n° di Reynolds	-	5 364	14 206	14 206	14 206	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,043	0,037	0,037	0,037	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,037	0,028	0,028	0,028	[15]
n° di Nusselt	-	18	48	48	48	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	5	9	9	9	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	2	2	2	2	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,13	0,09	0,09	0,10	[24]
temperatura fumi all'uscita	K	286	351	346	340	[26]
temperatura media fumi	K	286	354	348	343	[29]
temperatura parete all'uscita	K	286	338	334	329	[42]
pressione statica	Pa	0	9	7	7	[33]

Dai risultati sopra riportati si può concludere che questa canna fumaria soddisfa ai criteri di verifica della presente norma, per funzionamento a secco.

B.4 **Canna combinata con condotti coassiali**[6)]

L'esempio descrive il calcolo per una canna combinata con condotti coassiali (vedere 6.1) di altezza totale pari a 22,5 m. I due condotti sono collegati alla base da un condotto di compensazione. La canna, installata all'esterno, è al servizio di 6 caldaie uguali aventi ciascuna portata termica pari a 24 kW. La canna ha diametro interno di 30 cm e resistenza termica pari a 0,44 W/(m² K).

B.4.1 **Dati di partenza**

figura B.4 **Rappresentazione schematica di canna combinata**

6) I dati usati in questo esempio sono quelli tipici di una canna combinata con condotti coassiali in refrattario. L'esempio è applicabile anche ad altri materiali modificando opportunamente i dati di ingresso.

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Riferimento formule
n° piani		6	
temperatura ambiente	K	293,15	[3]
costante dell'aria	J/(kg K)	288	
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 004,6	
altezza geodetica	m	10	
pressione atmosferica	Pa	96 875	
massa volumica aria esterna	kg/m^3	1,15	[4]
coefficiente liminare esterno del condotto fumi	W/(m^2 K)	23	[7]
coefficiente liminare esterno canali da fumo	W/(m^2 K)	8	[7]
fattore per temperatura non costante	-	0,5	
coefficiente di sicurezza fluidodinamico	-	1,2	
potere calorifico inferiore	MJ/kg	50	
costante dei fumi	J/(kg K)	300	
configurazione	-	D	
forma sezione	-	Circolare	
sezione apertura condotto compensazione	m^2	0,01	
coefficiente perdita localizzata del condotto compensazione	-	26	
diametro interno del condotto fumi (vedere figura B.4)	m	0,30	
diametro esterno del condotto fumi	m	0,35	
resistenza termica del condotto fumi	m^2 K/W	0,44	
diametro interno del condotto aria (vedere figura B.4)	m	0,55	
diametro esterno del condotto aria	m	0,55	
rugosità condotti	m	0,002	
area interna del condotto fumi	m^2	0,071	
perimetro interno del condotto fumi	m	0,94	
area interna del condotto aria	m^2	0,062 8	
perimetro interno del condotto aria	m	2,51	

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
resistenza termica parete canali da fumo	m^2 K/W		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
diametro interno canali da fumo	m		0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	
area interna canali da fumo	m^2		0,003 1	0,003 1	0,003 1	0,003 1	0,003 1	0,003 1	
perimetro interno canali da fumo	m		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	
diametro esterno canali da fumo	m		0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	0,065	
altezza canali da fumo	m		0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	
sviluppo canali da fumo	m		2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	
rugosità canali da fumo	m		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
altezza piano (vedere figura B.4)	m	2,2	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	3,8	
portata termica	W		24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	24 000	
portata massica fumi	kg/s		0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	
temperatura fumi all'uscita dall'apparecchio	K		407	407	407	407	407	407	
capacità termica massica fumi all'uscita dall'apparecchio	J/(kg K)		1 070	1 070	1 070	1 070	1 070	1 070	

B.4.2 **Risultati del calcolo**

I risultati del calcolo, secondo il caso 1 di cui in 8.1, evidenziano depressioni all'interno del condotto fumi, in corrispondenza degli innesti dei canali da fumo con valori compresi tra 5 Pa e 30 Pa e differenze di pressione tra i due condotti alle stesse altezze con valori compresi tra 3 Pa e 9 Pa con le tre caldaie accese. Per quanto riguarda i valori di velocità massima (relazione [45]), si ottiene che in canna fumaria il valore massimo risulta pari 2,6 m/s. Di seguito si riporta l'ultima iterazione del calcolo con i risultati della verifica.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
massa volumica media fumi	kg/m³		0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	[13]
velocità media fumi	m/s		5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	[14]
n° di Reynolds	-		16 842	16 842	16 842	16 842	16 842	16 842	[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	[15]
fattore di attrito liscio	-		0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	[15]
n° di Nusselt	-		67	67	67	67	67	67	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		32	32	32	32	32	32	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)		11	11	11	11	11	11	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-		0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	[24]
temperatura fumi all'uscita	K		380	380	380	380	380	380	[26]
temperatura media fumi	K		393	393	393	393	393	393	[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica aria	kg/s	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	328	326	322	317	310	303	293	[12]
massa volumica aria	kg/m³	1,03	1,03	1,05	1,06	1,08	1,11	1,15	[13]
velocità media	m/s	1,25	1,43	1,61	1,77	1,91	2,05	2,15	[14]
n° di Reynolds	-	21 370	24 671	27 972	31 273	34 574	37 875	41 176	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,025	0,025	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	[15]
n° di Nusselt	-	89	102	115	128	141	154	166	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	27	31	35	38	42	46	50	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	4	4	4	4	4	4	4	[23]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,50	0,61	0,55	0,50	0,46	0,42	0,46	[25]
temperatura aria all'uscita	K	328	328	326	322	317	310	303	[27]
temperatura aria media	K	328	327	324	319	313	307	298	[31]
pressione statica	Pa	- 3	- 4	- 3	- 3	- 2	- 1	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s	0,09	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,18	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	328	335	340	343	344	345	345	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,03	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94	0,97	[13]
velocità media fumi	m/s	1,25	1,55	1,80	2,04	2,27	2,50	2,62	[14]
n° di Reynolds	-	21 369	24 905	28 442	31 979	35 516	39 052	42 589	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,036	0,036	0,036	0,035	0,035	0,035	0,035	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,025	0,025	0,024	0,023	0,023	0,022	0,022	[15]
n° di Nusselt	-	71	83	93	104	115	125	136	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	0	8	9	10	11	13	14	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	0	3	3	3	3	3	3	[23]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,19	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,17	[25]
temperatura fumi all'uscita	K	328	334	338	341	342	342	341	[28]
temperatura media fumi	K	328	335	339	342	343	344	343	[30]
temperatura parete all'uscita	K	328	334	338	340	341	342	341	[42]
pressione statica	Pa	3	6	6	7	7	7	6	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		1	1	1	2	2	2	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa		30,0	25,0	19,8	14,6	9,6	4,7	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa		- 20,7	- 16,4	- 12,2	- 8,3	- 4,8	- 1,9	[34]
verifica pressioni	Pa	9,3	9,3	8,6	7,7	6,4	4,8	2,8	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1							[35]

Nel caso 2 di cui in 8.1 (la caldaia più bassa accesa al minimo carico pari a 15 kW, 0,015 kg/s e 29 °C all'uscita dal generatore) la depressione all'imbocco del relativo canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 20 Pa e la differenza di pressione tra i due condotti a quell'altezza pari a 7 Pa.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
massa volumica media fumi	kg/m^3		0,83						[13]
velocità media fumi	m/s		5,79						[14]
n° di Reynolds	-		16 842						[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,047						[15]
fattore di attrito liscio	-		0,027						[15]
n° di Nusselt	-		67						[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$		32						[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$		11						[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040						
fattore di raffreddamento	-		0,28						[24]
temperatura fumi all'uscita	K		376						[26]
temperatura media fumi	K		388						[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica aria	kg/s	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	321	318	315	311	306	301	293	[12]
massa volumica aria	kg/m^3	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,12	1,15	[13]
velocità media	m/s	1,05	1,23	1,21	1,20	1,18	1,16	1,13	[14]
n° di Reynolds	-	18 340	21 641	21 641	21 641	21 641	21 641	21 641	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,051	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	[15]
n° di Nusselt	-	76	90	90	90	90	90	90	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	23	27	27	27	27	27	27	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	4	4	4	4	4	4	4	[23]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,57	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,80	[25]
temperatura aria all'uscita	K	321	321	318	315	311	306	301	[27]
temperatura aria media	K	321	319	316	313	308	303	297	[31]
pressione statica	Pa	- 2	- 3	- 2	- 2	- 2	- 1	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	321	330	328	327	325	323	320	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,05	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	[13]
velocità media fumi	m/s	1,05	1,29	1,29	1,28	1,27	1,27	1,26	[14]
n° di Reynolds	-	18 443	21 979	21 979	21 979	21 979	21 979	21 979	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,037	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,026	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	[15]
n° di Nusselt	-	62	73	73	73	73	73	73	[21]
coefficiente liminare interno	$W/(m^2 K)$	0	7	7	7	7	7	7	[20]
coefficiente globale scambio termico	$W/(m^2 K)$	0	3	3	3	3	3	3	[23]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,21	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,30	[25]
temperatura fumi all'uscita	K	321	328	327	325	323	320	317	[28]
temperatura media fumi	K	321	329	327	326	324	322	319	[30]
temperatura parete all'uscita	K	321	328	326	324	322	320	316	[42]
pressione statica	Pa	2	4	4	4	4	3	4	[33]
coefficiente di perdita localizzata all'uscita	-		0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa		19,8	16,2	12,7	9,3	6,1	3,2	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa		- 12,9	- 9,6	- 6,5	- 4,0	- 1,9	- 0,5	[34]
verifica pressioni	Pa	7,0	6,9	6,6	6,1	5,4	4,2	2,7	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1							[35]

Nel caso 3 di cui in 8.1 (solo la caldaia più alta collegata, funzionante al massimo del carico) la depressione all'imbocco del canale da fumo nel condotto fumi risulta pari a 3 Pa e così anche la differenza di pressione tra i due condotti a quell'altezza.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
massa volumica media fumi	kg/m³							0,82	[13]
velocità media fumi	m/s							5,85	[14]
n° di Reynolds	-							16 842	[16]
fattore di attrito ruvido	-							0,047	[15]
fattore di attrito liscio	-							0,027	[15]
n° di Nusselt	-							67	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)							32	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)							11	[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)							1 040	
fattore di raffreddamento	-							0,28	[24]
temperatura fumi all'uscita	K							380	[26]
temperatura media fumi	K							393	[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica aria	kg/s	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	300	300	300	301	301	302	293	[12]
massa volumica aria	kg/m³	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,11	1,15	[13]
velocità media	m/s	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,75	[14]
n° di Reynolds	-	10 965	10 965	10 965	10 965	10 965	10 965	14 266	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,051	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,028	[15]
n° di Nusselt	-	45	45	45	45	45	45	59	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	14	14	14	14	14	14	18	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	4	3	3	3	3	3	4	[23]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,85	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,10	[25]
temperatura aria all'uscita	K	300	300	300	300	301	301	302	[27]
temperatura aria media	K	300	300	300	301	301	302	298	[31]
pressione statica	Pa	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	- 1	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	300	300	300	300	300	300	320	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,08	1,05	[13]
velocità media fumi	m/s	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,62	0,84	[14]
n° di Reynolds	-	11 120	11 120	11 120	11 120	11 120	11 120	14 657	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,038	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,028	[15]
n° di Nusselt	-	38	38	38	38	38	38	50	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	5	5	5	5	5	5	5	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	2	2	2	2	2	2	2	[23]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	1 005	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,31	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,41	[25]
temperatura fumi all'uscita	K	300	300	300	300	300	300	315	[28]
temperatura media fumi	K	300	300	300	300	300	300	317	[30]
temperatura parete all'uscita	K	300	300	300	300	300	301	313	[42]
pressione statica	Pa	1	1	1	1	1	2	4	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa		8,2	7,5	6,8	6,1	5,4	3,3	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa		- 5,6	- 4,6	- 3,6	- 2,6	- 1,5	- 0,3	[34]
verifica pressioni	Pa	2,6	2,6	2,8	3,2	3,5	3,9	3,1	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1							[35]

Nei casi previsti in 8.2 e 8.3 (solo la caldaia più bassa funzionante al massimo carico con temperatura esterna pari a - 5 °C come risulta dal prospetto 1) la temperatura di parete all'uscita risulta pari a 20 °C e quindi maggiore del punto di rugiada ($T_R \cong 10$ °C a 15 °C). Nelle condizioni suddette, la minima velocità nel condotto fumi risulta pari a 1,4 m/s a fronte di un valore limite per il diametro in considerazione, secondo 8.3, di 1,2 m/s.

Canali da fumo

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
massa volumica media fumi	kg/m³		0,83						[13]
velocità media fumi	m/s		5,80						[14]
n° di Reynolds	-		16 842						[16]
fattore di attrito ruvido	-		0,047						[15]
fattore di attrito liscio	-		0,027						[15]
n° di Nusselt	-		67						[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)		32						[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)		11						[22]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)		1 040						
fattore di raffreddamento	-		0,28						[24]
temperatura fumi all'uscita	K		374						[26]
temperatura media fumi	K		389						[29]

Condotto aria

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica aria	kg/s	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	[11]
temperatura aria all'ingresso	K	296	293	290	286	281	275	268	[12]
massa volumica aria	kg/m³	1,14	1,15	1,16	1,18	1,20	1,22	1,26	[13]
velocità media	m/s	1,18	1,34	1,32	1,30	1,28	1,25	1,22	[14]
n° di Reynolds	-	22 243	25 544	25 544	25 544	25 544	25 544	25 544	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	[15]
n° di Nusselt	-	92	105	105	105	105	105	105	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m² K)	28	32	32	32	32	32	32	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m² K)	4	4	4	4	4	4	4	[23]
capacità termica massica aria	J/(kg K)	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,49	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	[25]
temperatura aria all'uscita	K	296	296	293	290	286	281	275	[27]
temperatura aria media	K	296	295	291	288	283	278	272	[31]
pressione statica	Pa	- 3	- 3	- 3	- 2	- 2	- 1	0	[33]

Condotto fumi

Grandezza	Unità di misura	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Valore	Riferimento formule
piano		terra	1°	2°	3°	4°	5°	6°	
portata massica fumi	kg/s	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	[10]
temperatura fumi all'ingresso	K	296	307	305	304	302	300	297	[12]
massa volumica fumi	kg/m^3	1,14	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	[13]
velocità media fumi	m/s	1,18	1,42	1,41	1,40	1,39	1,38	1,37	[14]
n° di Reynolds	-	22 339	25 876	25 876	25 876	25 876	25 876	25 876	[16]
fattore di attrito ruvido	-	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	[15]
fattore di attrito liscio	-	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	[15]
n° di Nusselt	-	75	86	86	86	86	86	86	[21]
coefficiente liminare interno	W/(m^2 K)	0	9	9	9	9	9	9	[20]
coefficiente globale scambio termico	W/(m^2 K)	0	3	3	3	3	3	3	[23]
capacità termica massica fumi	J/(kg K)	1 005	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	1 040	
fattore di raffreddamento	-	0,18	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,26	[25]
temperatura fumi all'uscita	K	296	305	304	302	300	297	294	[28]
temperatura media fumi	K	296	306	305	303	301	299	296	[30]
temperatura parete all'uscita	K	296	305	303	302	299	297	293	[42]
pressione statica	Pa	3	5	5	5	5	4	5	[33]
coefficiente perdita localizzata all'uscita	-		0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
perdita di carico fluidodinamico all'uscita	Pa		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	[17]
pressione effettiva all'ingresso del condotto fumi	Pa		24,9	20,4	16,0	11,8	7,8	4,1	[34]
pressione effettiva all'ingresso del condotto aria	Pa		- 15,6	- 11,6	- 7,9	- 4,8	- 2,3	- 0,6	[34]
verifica pressioni	Pa	9,4	9,3	8,8	8,1	7,0	5,5	3,4	[38]
massimo errore di pressione	Pa	0,1							[35]

Dai risultati sopra riportati si può concludere che questa canna fumaria soddisfa ai criteri di verifica della presente norma, per funzionamento a secco.

PUNTI DI INFORMAZIONE E DIFFUSIONE UNI

Milano (sede)	Via Battistotti Sassi, 11B - 20133 Milano - Tel. (02) 70024200 - Fax (02) 70105992 Internet: www.unicei.it - Email: diffusione@uni.unicei.it
Roma	Piazza Capranica, 95 - 00186 Roma - Tel. (06) 69923074 - Fax (06) 6991604 Email: uni.roma@uni1.inet.it
Bari	c/o Tecnopolis CSATA Novus Ortus Strada Provinciale Casamassima - 70010 Valenzano (BA) - Tel. (080) 8770301 - Fax (080) 8770553
Bologna	c/o CERMET Via A. Moro, 22 - 40068 San Lazzaro di Savena (BO) - Tel. (051) 6257511 - Fax (051) 6257650
Brescia	c/o AQM Via Lithos, 53 - 25086 Rezzato (BS) - Tel. (030) 2590656 - Fax (030) 2590659
Cagliari	c/o Centro Servizi Promozionali per le Imprese Viale Diaz, 221 - 09126 Cagliari - Tel. (070) 306877 - Fax (070) 340328
Catania	c/o C.F.T. SICILIA Piazza Buonarroti, 22 - 95126 Catania - Tel. (095) 445977 - Fax (095) 446707
Firenze	c/o Associazione Industriali Provincia di Firenze Via Valfonda, 9 - 50123 Firenze - Tel. (055) 2707268 - Fax (055) 281616
La Spezia	c/o La Spezia Euroinformazione, Promozione e Sviluppo Piazza Europa, 16 - 19124 La Spezia - Tel. (0187) 728225 - Fax (0187) 777961
Napoli	c/o Consorzio Napoli Ricerche Corso Meridionale, 58 - 80143 Napoli - Tel. (081) 5537106 - Fax (081) 5537112
Torino	c/o Centro Estero Camere Commercio Piemontesi Via Ventimiglia, 165 - 10127 Torino - Tel. (011) 6700511 - Fax (011) 6965456
Treviso	c/o Treviso Tecnologia Via Roma, 4/D - 31020 Lancenigo di Villorba (TV) - Tel. (0422) 608858 - Fax (0422) 608866
Udine	c/o CATAS Via Antica, 14 - 33048 S. Giovanni al Natisone (UD) - Tel. (0432) 756289 - Fax (0432) 756914
Vicenza	c/o Associazione Industriali Provincia di Vicenza Piazza Castello, 3 - 36100 Vicenza - Tel. (0444) 545573 - Fax (0444) 547318

04A03824

GIANFRANCO TATOZZI, *direttore* FRANCESCO NOCITA, *redattore*

(G403055/1) Roma, 2004 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.

ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO

LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE

cap	località	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
95024	**ACIREALE (CT)**	CARTOLIBRERIA LEGISLATIVA S.G.C. ESSEGICI	Via Caronda, 8-10	095	7647982	7647982
00041	**ALBANO LAZIALE (RM)**	LIBRERIA CARACUZZO	Corso Matteotti, 201	06	9320073	93260286
60121	**ANCONA**	LIBRERIA FOGOLA	Piazza Cavour, 4-5-6	071	2074606	2060205
84012	**ANGRI (SA)**	CARTOLIBRERIA AMATO	Via dei Goti, 4	081	5132708	5132708
04011	**APRILIA (LT)**	CARTOLERIA SNIDARO	Via G. Verdi, 7	06	9258038	9258038
52100	**AREZZO**	LIBRERIA PELLEGRINI	Piazza S. Francesco, 7	0575	22722	352986
83100	**AVELLINO**	LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI	Via Matteotti, 30/32	0825	30597	248957
81031	**AVERSA (CE)**	LIBRERIA CLA.ROS	Via L. Da Vinci, 18	081	8902431	8902431
70124	**BARI**	CARTOLIBRERIA QUINTILIANO	Via Arcidiacono Giovanni, 9	080	5042665	5610818
70122	**BARI**	LIBRERIA BRAIN STORMING	Via Nicolai, 10	080	5212845	5212845
70121	**BARI**	LIBRERIA UNIVERSITÀ E PROFESSIONI	Via Crisanzio, 16	080	5212142	5243613
13900	**BIELLA**	LIBRERIA GIOVANNACCI	Via Italia, 14	015	2522313	34983
40132	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA EDINFORM	Via Ercole Nani, 2/A	051	4218740	4210565
40124	**BOLOGNA**	LIBRERIA GIURIDICA - LE NOVITÀ DEL DIRITTO	Via delle Tovaglie, 35/A	051	3399048	3394340
20091	**BRESSO (MI)**	CARTOLIBRERIA CORRIDONI	Via Corridoni, 11	02	66501325	66501325
21052	**BUSTO ARSIZIO (VA)**	CARTOLIBRERIA CENTRALE BORAGNO	Via Milano, 4	0331	626752	626752
93100	**CALTANISETTA**	LIBRERIA SCIASCIA	Corso Umberto I, 111	0934	21946	551366
91022	**CASTELVETRANO (TP)**	CARTOLIBRERIA MAROTTA & CALIA	Via Q. Sella, 106/108	0924	45714	45714
95128	**CATANIA**	CARTOLIBRERIA LEGISLATIVA S.G.C. ESSEGICI	Via F. Riso, 56/60	095	430590	508529
88100	**CATANZARO**	LIBRERIA NISTICÒ	Via A. Daniele, 27	0961	725811	725811
66100	**CHIETI**	LIBRERIA PIROLA MAGGIOLI	Via Asinio Herio, 21	0871	330261	322070
22100	**COMO**	LIBRERIA GIURIDICA BERNASCONI - DECA	Via Mentana, 15	031	262324	262324
87100	**COSENZA**	LIBRERIA DOMUS	Via Monte Santo, 70/A	0984	23110	23110
50129	**FIRENZE**	LIBRERIA PIROLA già ETRURIA	Via Cavour 44-46/R	055	2396320	288909
71100	**FOGGIA**	LIBRERIA PATIERNO	Via Dante, 21	0881	722064	722064
06034	**FOLIGNO (PG)**	LIBRERIA LUNA	Via Gramsci, 41	0742	344968	344968
03100	**FROSINONE**	L'EDICOLA	Via Tiburtina, 224	0775	270161	270161
16121	**GENOVA**	LIBRERIA GIURIDICA	Galleria E. Martino, 9	010	565178	5705693
95014	**GIARRE (CT)**	LIBRERIA LA SEÑORITA	Via Trieste angolo Corso Europa	095	7799877	7799877
73100	**LECCE**	LIBRERIA LECCE SPAZIO VIVO	Via Palmieri, 30	0832	241131	303057
74015	**MARTINA FRANCA (TA)**	TUTTOUFFICIO	Via C. Battisti, 14/20	080	4839784	4839785
98122	**MESSINA**	LIBRERIA PIROLA MESSINA	Corso Cavour, 55	090	710487	662174
20100	**MILANO**	LIBRERIA CONCESSIONARIA I.P.Z.S.	Galleria Vitt. Emanuele II, 11/15	02	865236	863684
20121	**MILANO**	FOROBONAPARTE	Foro Buonaparte, 53	02	8635971	874420
70056	**MOLFETTA (BA)**	LIBRERIA IL GHIGNO	Via Campanella, 24	080	3971365	3971365

Segue: **LIBRERIE CONCESSIONARIE PRESSO LE QUALI È IN VENDITA LA GAZZETTA UFFICIALE**

cap	località	libreria	indirizzo	pref.	tel.	fax
80139	**NAPOLI**	LIBRERIA MAJOLO PAOLO	Via C. Muzy, 7	081	282543	269898
80134	**NAPOLI**	LIBRERIA LEGISLATIVA MAJOLO	Via Tommaso Caravita, 30	081	5800765	5521954
84014	**NOCERA INF. (SA)**	LIBRERIA LEGISLATIVA CRISCUOLO	Via Fava, 51	081	5177752	5152270
28100	**NOVARA**	EDIZIONI PIROLA E MODULISTICA	Via Costa, 32/34	0321	626764	626764
35122	**PADOVA**	LIBRERIA DIEGO VALERI	Via dell'Arco, 9	049	8760011	659723
90138	**PALERMO**	LA LIBRERIA DEL TRIBUNALE	P.za V.E. Orlando, 44/45	091	6118225	552172
90138	**PALERMO**	LIBRERIA S.F. FLACCOVIO	Piazza E. Orlando, 15/19	091	334323	6112750
90128	**PALERMO**	LIBRERIA S.F. FLACCOVIO	Via Ruggero Settimo, 37	091	589442	331992
90145	**PALERMO**	LIBRERIA COMMISSIONARIA G. CICALA INGUAGGIATO	Via Galileo Galilei, 9	091	6828169	6822577
90133	**PALERMO**	LIBRERIA FORENSE	Via Maqueda, 185	091	6168475	6172483
43100	**PARMA**	LIBRERIA MAIOLI	Via Farini, 34/D	0521	286226	284922
06121	**PERUGIA**	LIBRERIA NATALE SIMONELLI	Corso Vannucci, 82	075	5723744	5734310
29100	**PIACENZA**	NUOVA TIPOGRAFIA DEL MAINO	Via Quattro Novembre, 160	0523	452342	461203
59100	**PRATO**	LIBRERIA CARTOLERIA GORI	Via Ricasoli, 26	0574	22061	610353
00192	**ROMA**	LIBRERIA DE MIRANDA	Viale G. Cesare, 51/E/F/G	06	3213303	3216695
00195	**ROMA**	COMMISSIONARIA CIAMPI	Viale Carso, 55-57	06	37514396	37353442
00161	**ROMA**	L'UNIVERSITARIA	Viale Ippocrate, 99	06	4441229	4450613
00187	**ROMA**	LIBRERIA GODEL	Via Poli, 46	06	6798716	6790331
00187	**ROMA**	STAMPERIA REALE DI ROMA	Via Due Macelli, 12	06	6793268	69940034
45100	**ROVIGO**	CARTOLIBRERIA PAVANELLO	Piazza Vittorio Emanuele, 2	0425	24056	24056
63039	**SAN BENEDETTO D/T (AP)**	LIBRERIA LA BIBLIOFILA	Via Ugo Bassi, 38	0735	587513	576134
07100	**SASSARI**	MESSAGGERIE SARDE LIBRI & COSE	Piazza Castello, 11	079	230028	238183
96100	**SIRACUSA**	LA LIBRERIA	Piazza Euripide, 22	0931	22706	22706
10122	**TORINO**	LIBRERIA GIURIDICA	Via S. Agostino, 8	011	4367076	4367076
21100	**VARESE**	LIBRERIA PIROLA	Via Albuzzi, 8	0332	231386	830762
37122	**VERONA**	LIBRERIA L.E.G.I.S.	Via Pallone 20/c	045	594687	8048718
36100	**VICENZA**	LIBRERIA GALLA 1880	Viale Roma, 14	0444	225225	225238

MODALITÀ PER LA VENDITA

La «Gazzetta Ufficiale» e tutte le altre pubblicazioni ufficiali sono in vendita al pubblico:

- **presso l'Agenzia dell'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato in ROMA: piazza G. Verdi, 10 - ☎ 06 85082147;**
- **presso le Librerie concessionarie indicate.**

Le richieste per corrispondenza devono essere inviate all'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Gestione Gazzetta Ufficiale - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 Roma, versando l'importo, maggiorato delle spese di spedizione, a mezzo del c/c postale **n. 16716029.**

Le inserzioni, come da norme riportate nella testata della parte seconda, si ricevono con pagamento anticipato, presso le agenzie in Roma e presso le librerie concessionarie.

Per informazioni, prenotazioni o reclami attinenti agli abbonamenti oppure alla vendita della *Gazzetta Ufficiale* bisogna rivolgersi direttamente all'Amministrazione, presso l'Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato - Piazza G. Verdi, 10 - 00100 ROMA

Gazzetta Ufficiale Abbonamenti	Vendite	Ufficio inserzioni	Numero verde
☎ 800-864035 - Fax 06-85082520	☎ 800-864035 - Fax 06-85084117	☎ 800-864035 - Fax 06-85082242	☎ 800-864035

GAZZETTA UFFICIALE
DELLA REPUBBLICA ITALIANA

CANONI DI ABBONAMENTO ANNO 2004 (*)

Ministero dell'Economia e delle Finanze - *Decreto 24 dicembre 2003 (G.U. n. 36 del 13 febbraio 2004)*

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE I (legislativa)

			CANONE DI ABBONAMENTO	
Tipo A	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari:			
	(di cui spese di spedizione € 219,04)	- annuale	€	**397,47**
	(di cui spese di spedizione € 109,52)	- semestrale	€	**217,24**
Tipo A1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi i soli supplementi ordinari contenenti i provvedimenti legislativi:			
	(di cui spese di spedizione € 108,57)	- annuale	€	**284,65**
	(di cui spese di spedizione € 54,28)	- semestrale	€	**154,32**
Tipo B	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti dei giudizi davanti alla Corte Costituzionale:			
	(di cui spese di spedizione € 19,29)	- annuale	€	**67,12**
	(di cui spese di spedizione € 9,64)	- semestrale	€	**42,06**
Tipo C	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata agli atti della CE:			
	(di cui spese di spedizione € 41,27)	- annuale	€	**166,66**
	(di cui spese di spedizione € 20,63)	- semestrale	€	**90,83**
Tipo D	Abbonamento ai fascicoli della serie destinata alle leggi e regolamenti regionali:			
	(di cui spese di spedizione € 15,31)	- annuale	€	**64,03**
	(di cui spese di spedizione € 7,65)	- semestrale	€	**39,01**
Tipo E	Abbonamento ai fascicoli della serie speciale destinata ai concorsi indetti dallo Stato e dalle altre pubbliche amministrazioni:			
	(di cui spese di spedizione € 50,02)	- annuale	€	**166,38**
	(di cui spese di spedizione € 25,01)	- semestrale	€	**89,19**
Tipo F	Abbonamento ai fascicoli della serie generale, inclusi tutti i supplementi ordinari, ed ai fascicoli delle quattro serie speciali:			
	(di cui spese di spedizione € 344,93)	- annuale	€	**776,66**
	(di cui spese di spedizione € 172,46)	- semestrale	€	**411,33**
Tipo F1	Abbonamento ai fascicoli della serie generale inclusi i supplementi ordinari con i provvedimenti legislativi e ai fascicoli delle quattro serie speciali:			
	(di cui spese di spedizione € 234,45)	- annuale	€	**650,83**
	(di cui spese di spedizione € 117,22)	- semestrale	€	**340,41**

N.B.: L'abbonamento alla GURI tipo A, A1, F, F1 comprende gli indici mensili
Integrando con la somma di € **80,00** *il versamento relativo al tipo di abbonamento alla* Gazzetta Ufficiale - *parte prima - prescelto, si riceverà anche l'Indice Repertorio Annuale Cronologico per materie anno 2004.*

BOLLETTINO DELLE ESTRAZIONI

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **86,00**

CONTO RIASSUNTIVO DEL TESORO

Abbonamento annuo (incluse spese di spedizione) € **55,00**

PREZZI DI VENDITA A FASCICOLI
(Oltre le spese di spedizione)

Prezzi di vendita:		
serie generale	€	0,77
serie speciali (escluso concorsi), ogni 16 pagine o frazione	€	0,80
fascicolo serie speciale, *concorsi*, prezzo unico	€	1,50
supplementi (ordinari e straordinari), ogni 16 pagine o frazione	€	0,80
fascicolo Bollettino Estrazioni, ogni 16 pagine o frazione	€	0,80
fascicolo Conto Riassuntivo del Tesoro, prezzo unico	€	5,00

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

GAZZETTA UFFICIALE - PARTE II (inserzioni)

Abbonamento annuo *(di cui spese di spedizione € 120,00)*			€	**318,00**
Abbonamento semestrale *(di cui spese di spedizione € 60,00)*			€	**183,50**
Prezzo di vendita di un fascicolo, ogni 16 pagine o frazione (oltre le spese di spedizione)	€	0,85		

I.V.A. 20% inclusa

RACCOLTA UFFICIALE DEGLI ATTI NORMATIVI

Abbonamento annuo			€	**188,00**
Abbonamento annuo per regioni, province e comuni			€	**175,00**
Volume separato (oltre le spese di spedizione)	€	17,50		

I.V.A. 4% a carico dell'Editore

Per l'estero i prezzi di vendita, in abbonamento ed a fascicoli separati, anche per le annate arretrate, compresi i fascicoli dei supplementi ordinari e straordinari, devono intendersi raddoppiati. Per il territorio nazionale i prezzi di vendita dei fascicoli separati, compresi i supplementi ordinari e straordinari, relativi ad anni precedenti, devono intendersi raddoppiati. Per intere annate è raddoppiato il prezzo dell'abbonamento in corso. Le spese di spedizione relative alle richieste di invio per corrispondenza di singoli fascicoli, vengono stabilite, di volta in volta, in base alle copie richieste.

N.B. - Gli abbonamenti annui decorrono dal 1° gennaio al 31 dicembre, i semestrali dal 1° gennaio al 30 giugno e dal 1° luglio al 31 dicembre.

Restano confermati gli sconti in uso applicati ai soli costi di abbonamento

ABBONAMENTI UFFICI STATALI
Resta confermata la riduzione del 52% applicata sul solo costo di abbonamento

* tariffe postali di cui al Decreto 13 novembre 2002 (G.U. n. 289/2002) e D.P.C.M. 27 novembre 2002 n. 294 (G.U. 1/2003) per soggetti iscritti al R.O.C.